



TUGAS AKHIR - MO. 141326

ANALISIS PENGARUH VARIASI *HEAT INPUT* DAN BENTUK KAMPUH PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN KETAHANAN KOROSI *WELD JOINT* PELAT BAJA A 36 DI LINGKUNGAN LAUT.

Robby Nur Fridayan

NRP. 4313 100 040

Dosen Pembimbing

Herman Pratikno, S.T., M.T., PhD.

Dr.Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT - MO. 141326

*ANALYSIS THE EFFECT OF HEAT INPUT VARIATION AND
GROOVE SHAPE IN SMAW WELDING A 36 STEEL PLATE
TOWARDS MECHANICAL PROPERTIES AND CORROSION
RESISTANCE IN MARINE ENVIRONMENT*

Robby Nur Fridayan

NRP. 4313 100 040

Supervisors

Herman Pratikno, S.T., M.T., PhD.

Dr.Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

**ANALISIS PENGARUH VARIASI *HEAT INPUT* DAN BENTUK KAMPUH PADA
PENGELASAN SMAW *WELD JOINT* PELAT BAJA A 36 TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN KETAHANAN KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memahami Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut
Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

ROBBY NUR FRIDAYAN

NRP. 4313 100 040

Disetujui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T., M.T., ^{Ph.D.} (Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, ^{M.Sc.} (Pembimbing 2)

3. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.Sc., ^{Ph.D.} (Penguji 1)

4. Ir. J.J. Soedjono, ^{M.Sc.} (Penguji 2)

5. Ibu Darta Marina C, S.T., M.T. (Penguji 3)

6. Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T. (Penguji 4)

SURABAYA, JULI 2017

ANALISIS PENGARUH VARIASI *HEAT INPUT* DAN BENTUK KAMPUH PADA PENGELASAN SMAW *WELD JOINT* PELAT BAJA A 36 TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN KETAHANAN KOROSI DI LINGKUNGAN LAUT

Nama Mahasiswa : Robby Nur Fridayan
NRP : 4313100040
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir Hasan Ikhwan, M.Sc.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW pelat baja A36 terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi di lingkungan laut. Variasi *heat input* 25 kJ/mm, 34 kJ/mm, 57 kJ/mm dan variasi bentuk kampuh yaitu *single V*, *U*, dan *double V*. Ketebalan pelat baja A36 10 mm, menggunakan elektroda E 7018 dengan diameter 3,2 mm. Material di uji mekanik yaitu, uji tarik, uji mikro, uji kekerasan, dan uji korosi. Dengan teori semakin kuat atau keras suatu material maka semakin rendah laju korosi nya. Spesimen dengan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 509,15 Mpa, 178 HVN, 0,8 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 479,12 Mpa, 186,6 HVN, 0,4 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 494,74 Mpa, 152,67 HVN, 0,87 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *U* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 474,2 Mpa, 180,33 HVN, 1,32 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *U* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 510,18 Mpa, 181,67 HVN, 0,78 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *U* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 513,33 Mpa, 187,33 HVN, 0,87 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 501,89 Mpa, 164,33 HVN, 0,59 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 527,48 Mpa, 192,33 HVN, 0,33 mm/year. Spesimen dengan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* memiliki nilai *ultimate strength*, kekerasan, laju korosi masing-masing sebesar 489,02 Mpa, 149,67 HVN, 0,61 mm/year.

Kata Kunci – Pengelasan, *Heat Input*, Bentuk Kampuh, Korosi, *Ultimate Strength*.

**ANALYSIS THE EFFECT OF HEAT INPUT VARIATION AND GROOVE
SHAPE IN SMAW WELDING A 36 STEEL PLATE TOWARDS MECHANICAL
PROPERTIES AND CORROSION RESISTANCE IN MARINE
ENVIRONMENT**

Name : Robby Nur Fridayan

REG : 4313100040

Department : Ocean Engineering

Supervisors : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

Dr. Ir Hasan Ikhwan, M.Sc.

ABSTRACT

The objective of this research is to know the variation of heat input and groove shape in SMAW welding A36 steel plate towards mechanical properties and corrosion resistance in marine environment. The variations of heat input is 25 kJ / mm, 34 kJ / mm, 57 kJ / mm and variations of the groove shape are single V, U, and double V. The thickness of A36 is 10 mm, using E 7018 electrode with 3.2 mm diameter. Material in mechanical test that is, tensile test, metallography test, hardness test, and corrosion test. With the theory of the stronger or harder the material the lower the rate of its corrosion. Specimens with heat input 25 kJ/mm with a single V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 509.15 Mpa, 178 HVN, 0.8 mm/year. Specimens with a heat input 34 kJ/mm with a single V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 479.12 Mpa, 186.6 HVN, 0.4 mm/year. Specimens with heat input 57 kJ/mm with a V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 494.74 Mpa, 152.67 HVN, 0.87 mm/year. Specimens with heat input 25 kJ/mm with U-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 474.2 Mpa, 180.33 HVN, 1.32 mm/year. Specimens with heat input 34 kJ/mm with U-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 510.18 Mpa, 181.67 HVN, 0.78 mm/year. Specimens with heat input 57 kJ/mm with U-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 513.33 Mpa, 187.33 HVN, 0.87 mm/year. Specimens with heat input 25 kJ/mm with double V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 501.89 Mpa, 164.33 HVN, 0.59 mm/year. Specimens with a heat input 34 kJ/mm with a double V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 527.48 Mpa, 192.33 HVN, 0.33 mm/year. Specimens with heat input 57 kJ/mm with double V-shaped groove have ultimate strength, hardness, corrosion rate are 489.02 Mpa, 149.67 HVN, 0.61 mm/year.

Key Word – Welding, Heat Input, Groove Shape, Corrosion, Ultimate Strength.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, karunia, dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam juga penulis panjatkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas akhir ini berjudul “Analisis Pengaruh Variasi *Heat Input* dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW *Weld Joint* Pelat Baja A 36 Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Laut”. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pihak lain. Akhir kata penulis berharap penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang *marine technology* serta bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Juli 2017

Robby Nur Fridayan

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah saya ucapkan kepada Allah S.W.T karena oleh-Nya tulisan ini dapat terselesaikan dan tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Juni Janto Sudarto dan Ibu Rosi Rosiah selaku orang tua saya, Darren Addisson Sudarto selaku kakak saya, dan Rossa Permata Dewi selaku adiknya yang selalu memberi dukungan dan do'a kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama saya dan Bapak Dr. Ir Hasan Ikhwan, M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua saya dalam tugas akhir yang telah memberikan arahan, dukungan, nasihat, bimbingan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Terima kasih kepada para penguji diantaranya yaitu Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Ir. J.J. Soedjono, M.Sc., Bapak Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.Sc., Ph.D., Ibu Darta Marina C, S.T, M.T., dan juga Ibu Wimala L. Dhanistha, S.T, M.T.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan dan fasilitas kepada saya selama masa perkuliahan.
5. Bapak Didik, Bapak Agil Laboratorium Konstruksi Teknik Perkapalan FTK ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan dan fasilitas kepada saya dalam mengerjakan tugas akhir.
6. Teman saya Dinda Saraswati, Mas Arif Tri Sujadmiko, Tricahyo Agung Budi Harjo, Hasri Palgunadhi, Asni Yusma, Wildan Ilham yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada saya.
7. Teman-teman Valtameri yang selalu memberikan semangat serta doanya.

Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas bantuan, motivasi, dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas akhir ini. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-nya kepada kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Pengelasan	5
2.3 Heat Input	9
2.4 Pengelasan SMAW	9
2.5 Uji <i>Non Destructive Test (Radiography Test)</i>	11
2.6 Uji Metalografi	12
2.7 Uji Kekerasan Vickers	13
2.8 Uji Tarik	13

2.9 Korosi	15
2.9.1 Prinsip Dasar dan Mekanisme	15
2.9.2 Laju Korosi	17
2.9.3 Sel Tiga Elektroda.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Studi Literatur	22
3.3 Preparasi Material Baja ASTM A36	22
3.4 Pembuatan Kampuh.....	25
3.5 Tahap Pengelasan	26
3.6 Pengujian	29
3.7 Analisa Data Hasil Eksperimen	35
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Welding Procedure Spesification (WPS)	37
4.1.1 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh <i>Single V</i>	38
4.1.2 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh U	40
4.1.3 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh <i>Double V</i>	42
4.2 Hasil Pengelasan.....	43
4.3 Hasil Pengujian NDT Radiografi	44
4.4 Pengujian Tarik.....	44
4.5 Pengujian Kekerasan (<i>Vickers Hardness Test</i>).....	49
4.6 Uji Metalografi	52
4.6.1 Hasil Foto Mikro.....	53
4.6.2 Hasil Foto Makro	67

4.7 Pengujian Laju Korosi	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSATAKA	79
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Las Busur dengan Elektroda Terbungkus	6
Gambar 2. 2 Daerah Pengelasan	7
Gambar 2. 3 Sambungan Las	8
Gambar 2. 4 Polaritas Lurus	10
Gambar 2. 5 Polaritas Terbalik	10
Gambar 2. 6 Ukuran Spesimen Uji Tarik Pelat	14
Gambar 2. 7 Diagram Tegangan-regangan	14
Gambar 2. 8 Komponen Sel Tiga Elektroda.....	18
Gambar 3. 1 Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	25
Gambar 3. 2 Kampuh Berbentuk U	26
Gambar 3. 3 Kampuh Berbentuk <i>Double V</i>	26
Gambar 3. 4 Proses Pengelasan	28
Gambar 3. 5 Titik Pengujian Kekerasan	29
Gambar 3. 6 Proses Pengujian Kekerasan	31
Gambar 3. 7 Spesimen Uji Metalografi	32
Gambar 3. 8 Pengambilan Foto Mikro	32
Gambar 3. 9 Pengambilan Foto Makro.....	33
Gambar 3. 10 Alat Uji Tarik	34
Gambar 4. 1 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk <i>Single V</i> Sebelum Dilakukan Pengelasan.....	37
Gambar 4. 2 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk U Sebelum Dilakukan Pengelasan.....	37
Gambar 4. 3 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk <i>Double V</i> Sebelum Dilakukan Pengelasan.....	37
Gambar 4. 4 Welding Procedure Spesification pada Kampuh <i>Single V</i>	38
Gambar 4. 5 Welding Procedure Spesification pada Kampuh U	40
Gambar 4. 6 Welding Procedure Spesification pada Kampuh <i>Double V</i>	42
Gambar 4. 7 Material Baja A36 dengan Variasi <i>Heat Input</i> pada Kampuh <i>Single V</i>	43

Gambar 4. 8 Film Radiografi Pengelasan SMAW Baja A36 pada Kampuh Single V dengan <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm.....	44
Gambar 4. 9 Grafik <i>Yield Strength</i>	47
Gambar 4. 10 Grafik <i>Ultimate Strength</i>	48
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Uji Kekerasan Tiap Spesimen.....	52
Gambar 4. 12 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	53
Gambar 4. 13 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	53
Gambar 4. 14 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	54
Gambar 4. 15 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	55
Gambar 4. 16 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	55
Gambar 4. 17 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	56
Gambar 4. 18 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	56
Gambar 4. 19 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	57
Gambar 4. 20 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	57
Gambar 4. 21 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	58
Gambar 4. 22 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	58
Gambar 4. 23 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	59
Gambar 4. 24 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	59

Gambar 4. 25 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i>	
34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	60
Gambar 4. 26 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i>	
34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	60
Gambar 4. 27 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i>	
57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	61
Gambar 4. 28 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input 57</i>	
kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	61
Gambar 4. 29 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i>	
57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U	62
Gambar 4. 30 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i>	
25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk <i>Double V</i>	62
Gambar 4. 31 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i>	
25 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	63
Gambar 4. 32 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i>	
25 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	63
Gambar 4. 33 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i>	
34 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	64
Gambar 4. 34 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i>	
34 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	64
Gambar 4. 35 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i>	
34 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	65
Gambar 4. 36 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada <i>Heat Input</i>	
57 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	65
Gambar 4. 37 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada <i>Heat Input</i>	
57 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	66
Gambar 4. 38 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada <i>Heat Input</i>	
57 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	66
Gambar 4. 39 Foto Makro pada <i>Heat Input 25 kJ/mm</i> dengan	
Kampuh Berbentuk <i>Single V</i>	67
Gambar 4. 40 Grafik Lebar HAZ Setiap Spesimen	68

Gambar 4. 41 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Single V</i>	69
Gambar 4. 42 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Single V</i>	70
Gambar 4. 43 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Single V</i>	70
Gambar 4. 44 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>U</i>	71
Gambar 4. 45 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>U</i>	71
Gambar 4. 46 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>U</i>	72
Gambar 4. 47 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Double V</i>	72
Gambar 4. 48 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Double V</i>	73
Gambar 4. 49 Diagram Tafel Pada <i>Heat Input</i> Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh <i>Double V</i>	73
Gambar 4. 50 Grafik Laju Korosi	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 <i>Chemical Properties</i>	23
Tabel 3. 2 <i>Physical Properties</i>	24
Tabel 3. 3 <i>Mechanical Properties</i>	24
Tabel 3. 4 Spesifikasi Elektroda	27
Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik dari Beberapa Spesimen	45
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tarik Rata-Rata Per Spesimen	47
Tabel 4. 3 Summary Kekuatan Tarik Setiap Spesimen	49
Tabel 4. 4 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh <i>Single V</i>	50
Tabel 4. 5 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh <i>Single V</i>	50
Tabel 4. 6 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh <i>Single V</i>	50
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh U	50
Tabel 4. 8 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh U	50
Tabel 4. 9 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh U	51
Tabel 4. 10 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 25 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	51
Tabel 4. 11 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 34 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	51
Tabel 4. 12 Hasil Uji Kekerasan Pada <i>Heat Input</i> 57 kJ/mm dengan Kampuh <i>Double V</i>	51
Tabel 4. 13 Laju Koosi Pada Setiap Spesimen	74

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Minyak dan gas merupakan sumber energi yang sangat diperlukan di dunia dan semakin dibutuhkan keberadaannya. Dengan kebutuhannya yang semakin meningkat maka hal ini berbanding lurus dengan kebutuhan akan konstruksi bangunan lepas pantai guna mengoptimalkan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas. Sedangkan konstruksi lepas pantai sangat berkaitan dengan pengelasan.

Las sudah lahir dari 4000 sampai 3000 S.M. Pada tahun 1920-an las sudah berperan vital terhadap pembangunan kapal laut, jembatan kereta api dan pembangunan gedung Sharon yang semua rangka bajanya dilas. Pengelasan merupakan proses penyambungan dua logam paduan atau lebih yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair sehingga setelah membeku akan terbentuk sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian energi panas (Suprijanto, 2013), sedangkan definisi dari Dutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair.

Terdapat jenis-jenis dalam pengelasan diantaranya adalah las tekan dingin, las listrik terak, las busur, las termit, las laser, las SMAW, las GMAW, dan lain-lain. SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan salah satu jenis pengelasan yang sering digunakan. Dalam pengelasan SMAW logam induk mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja dan busur listrik itu sendiri dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama-sama dengan logam induknya menjadi bagian kampuh las. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk (Katsas, 2005).

Proses eksploitasi dan eksplorasi migas rata-rata membutuhkan waktu selama 20 tahun dan begitu pula umur dari bangunan lepas pantai yang memiliki umur rata-rata 25 tahun. Korosi merupakan reaksi elektrokimia yang paling sering merusak kekuatan dari konstruksi bangunan lepas pantai akibat lingkungan laut yang korosif.

Korosi didefinisikan sebagai proses kerusakan dari material karena reaksi dengan lingkungan sekitar nya (Pratikno, 2006).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Khotasa (2016) tentang analisa variasi arus dan kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan *impact* sambungan *butt joint* pada pelat baja A36. Dengan penelitian ini maka akan dilakukan penelitian lanjut tentang analisis pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi pada *weld joint* pelat baja A36 di lingkungan laut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada *weld joint* baja A36?
2. Bagaimana pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekerasan pada *weld joint* baja A36?
3. Bagaimana pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap struktur mikro dan makro pada *weld joint* baja A36?
4. Bagaimana pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap ketahanan korosi *weld joint* baja A36 di lingkungan laut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik pada *weld joint* baja A36.
2. Mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekerasan pada *weld joint* baja A36.
3. Mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap struktur mikro dan makro pada *weld joint* baja A36.
4. Mengetahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap ketahanan korosi *weld joint* baja A36 di lingkungan laut.

1.4 Manfaat

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh variasi *heat input* dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik dan ketahanan korosi weld joint pelat baja A36 di lingkungan laut. Sehingga dari penelitian dapat diketahui bentuk kampuh dan *heat input* yang tepat pada pengelasan SMAW material baja A36 untuk konstruksi bangunan lepas pantai.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang diujikan adalah baja ASTM A36
2. Pengelasan menggunakan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)
3. Bentuk kampuh yang digunakan adalah U, single V, dan *double V*
4. Variasi *heat input* adalah 25 kJ/mm, 34 kJ/mm, dan 57 kJ/mm
5. Uji korosi dengan salinitas air 3,5%
6. Ketebalan pelat baja A36 sebesar 10 mm

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pengelasan merupakan hal yang sangat penting dalam bidang konstruksi. Perkapalan, bejana tekan, perpipaan bawah laut, jembatan, rangka baja merupakan lingkup menggunakan teknik pengelasan. Hasil- hasil dari penelitian sebelumnya akan dijadikan pedoman dalam penelitian analisa pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap ketahanan korosi *weld joint* pelat baja A36 di lingkungan laut.

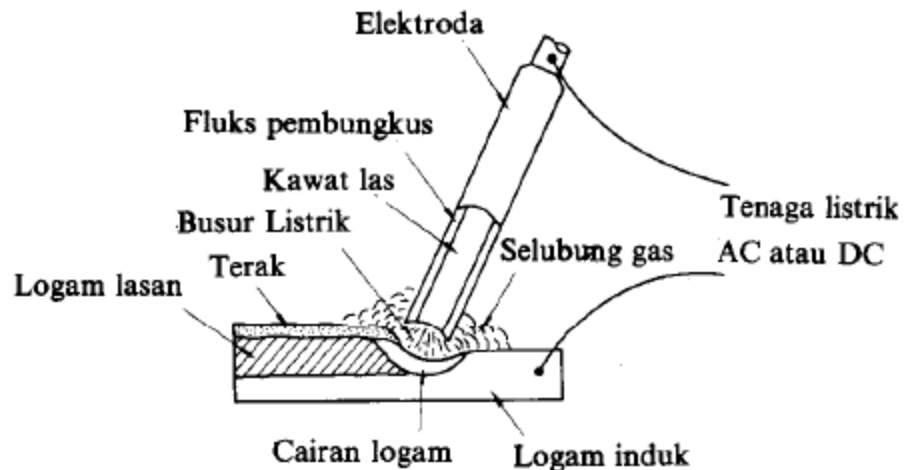
Khotasa (2016), dalam penelitiannya membahas tentang pengaruh variasi arus dan bentuk kampuh pada pengelasan SMAW terhadap kekuatan *impact* sambungan *butt joint* pada pelat baja A36. Pratikno (2006), dalam penelitiannya membahas tentang pengaruh bentuk *groove* terhadap korosi *pitting* pada material *cladding* pipa bawah laut. Bentuk *groove* yang dipakai adalah bentuk *single V groove* dan *single V grove* yang telah di modifikasi.

Parameter utama, dalam penelitian ini adalah standart *codes* ASME IX edisi 2002 *Qualification Standard For Welding, Brazing, And Fusing Procedures; Welders, Brazers, And Welding, Brazing, And Fusing Operators* dan jurnal oleh Khotasa (2016). Untuk penentuan kadar salinitas di lingkungan air laut akan sesuai dengan standar dari ASTM D1141 dan untuk pengujian kekerasan menggunakan standart *codes* ASME E92 edisi 2003. Untuk pengujian metalografi mengacu kepada ASTM E3-01 *standard guide for preparation of metallographic specimens*.

2.2 Pengelasan

Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Karena proses ini maka di daerah sekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan metalurgi yang rumit, deformasi, dan tegangan-tegangan termal. Pengelasan biasanya digunakan untuk pembangunan konstruksi (gedung, jembatan, bangunan lepas pantai,dll), kapal, pesawat udara, perpipaan, tanki, dan yang lainnya. Las elektroda terbungkus merupakan metode pengelasan yang paling banyak digunakan. Pada cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang

dibungkus dengan fluks. Proses pemindahan loga elektroda terjadi saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik. Hal ini ditunjukkan ke dalam Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Las Busur dengan Elektroda Terbungkus (Wiryosumarto, 1996).

Pengelasan sangat populer dalam proses penyambungan logam karena memiliki kelebihan, yaitu:

- Menghasilkan sambungan yang permanen
- Biaya yang ekonomis
- Tidak dibatasi di lingkungan pabrik namun juga dapat dilakukan di lapangan

Selain memiliki kelebihan, pengelasan juga memiliki kekurangan, yaitu:

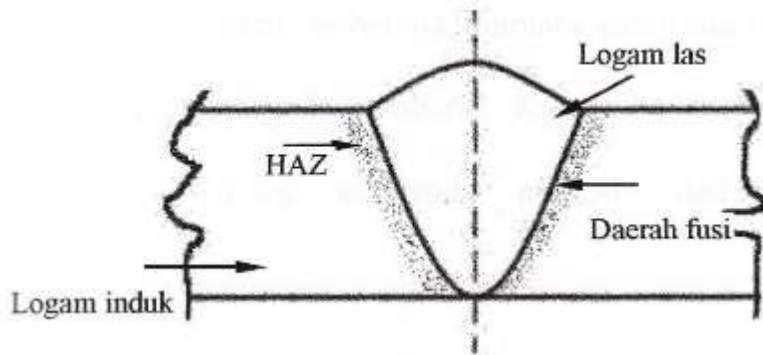
- Umumnya membutuhkan energi yang besar dan cenderung berbahaya
- Lasan sulit untuk dibongkar
- Dapat terjadi cacatan yang tak terlihat dalam lasan

Berdasarkan masukan panas (heat input) utama yang diberukan kepada logam dasar, Proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu (Wiryosumarto, 1996):

- Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari *fusion* (nyala api las), contohnya adalah las busur, las gas, las sinar elektron, dan yang lain sebagainya.

- Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*nonfusion*), contohnya adalah *friction stirr welding*, las tempa, dan lainnya.

Di dalam pengelasan terdapat daerah-daerah yang perlu diketahui. Logam induk (base metal), adalah bagian logam dasar dimana suhu dan panas dari pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat. Logam las, adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan membeku dan mencair. Heat Affected Zone (HAZ), HAZ merupakan daerah pengaruh panas yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat. Penjelasan tersebut dapat di ilustrasikan kedalam Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Daerah Pengelasan (Wirjosumarto, 1996)

Sambungan las merupakan sambungan antara dua logam dengan cara pemanasan. Sambungan dapat terjadi akibat logam dalam keadaan plastis atau meleleh. Terdapat beberapa tipe sambungan pada pengelasan, yaitu sebagai berikut:

a) Butt Joint

Sambungan *butt joint* merupakan sambungan yang posisi kedua benda kerjanya terletak di bidang yang sama sehingga penyambungan dilakukan di ujung kedua benda yang saling berdekatan ini. Sambungan sebidang biasanya digunakan untuk menyambung kedua ujung plat datar yang mempunyai tingkat ketebalan yang sama atau hampir sama.

b) Corner joint

Corner joint adalah sambungan yang kedua benda kerjanya membentuk sudut tertentu sehingga kedua benda kerja tadi bisa disambungkan di bagian pojok dari sudut benda tersebut. Penggunaan sambungan ini banyak dimanfaatkan dalam proses pembuatan penampang yang berbentuk kotak

segi empat. Sebagai contoh yaitu pembuatan kolom dan balok pada bangunan yang dipakai untuk menahan momen puntir yang nilainya cukup besar.

c) Lap joint

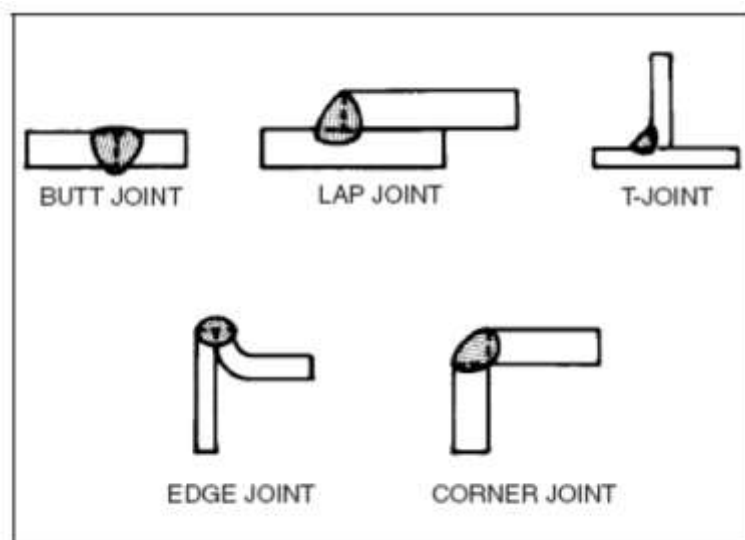
Lap joint adalah sambungan yang terdiri atas dua benda kerja yang saling bertumpukan. Sambungan ini umum diterapkan pada pembuatan konstruksi bangunan. Keuntungan utama dari sambungan lewatan ialah mudah disesuaikan dan mudah disambung. Sambungan ini pun dapat diandalkan untuk menyambung plat yang memiliki ukuran ketebalan yang berbeda-beda.

d) Tee joint

Tee joint atau biasa disebut pengelasan tegak merupakan sambungan yang salah satu benda kerjanya berada pada posisi yang tegak lurus dengan benda kerja lainnya sehingga akan terlihat seperti bentuk “T”.

e) Edge joint

Edge joint adalah sambungan yang memiliki kedua benda kerja yang terletak sejajar satu sama lain dan salah satu ujung dari kedua benda kerja tersebut berada pada tingkat yang sama. Sambungan sisi tidak bersifat struktural, melainkan dipakai untuk mempertahankan posisi dua plat atau lebih berada pada bidang tertentu. Tujuannya ialah untuk menjaga kesejajaran (alignment) awal.



Gambar 2. 3 Sambungan Las (AWS, 2002)

2.3 *Heat Input*

Dalam Pencairan logam induk (*base metal*) dan logam pengisi (*weld metal*) memerlukan energi yang cukup. Pada pengelasan SMAW, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, kecepatan pengelasan dan tegangan las.

Kualitas dari pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi oleh arus las, kecepatan pengelasan, dan tegangan las. Hubungan antara tiga parameter tersebut disebut dengan *heat input*. Berikut merupakan rumus dari *heat input*.

$$Heat\ Input\ (HI) = \frac{Tegangan\ pengelasan\ (E) \times Arus\ pengelasan\ (I)}{Kecepatan\ Pengelasan\ (v)} \quad (2.1)$$

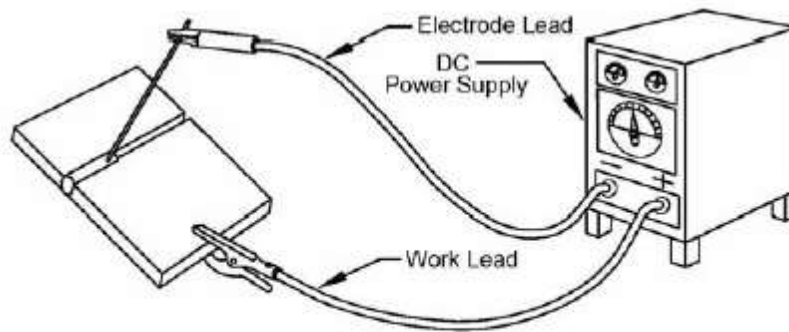
2.4 **Pengelasan SMAW**

Pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang umumnya disebut las listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas tersebut dihasilkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda. Panas yang dihasilkan dari lonjakan ion listrik ini dapat mencapai 4000⁰C – 4500⁰C. Sumber tegangan yang digunakan pada pengelasan ini memiliki dua macam yaitu AC (arus bolak balik) dan DC (arus searah).

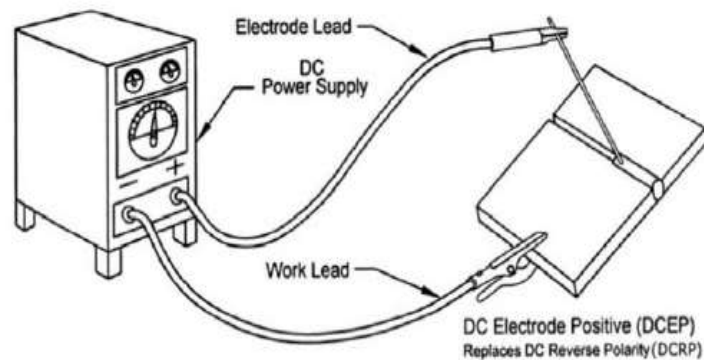
Proses pengelasan ini terjadi karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek, saat terjadi hubungan pendek *welder* harus menarik elektroda sehingga terbentuk busur listrik yaitu lonjakan ion yang menimbulkan panas. Elektroda dan material dasar akan dicairkan oleh panas sehingga cairan elektroda dan cairan material dasar akan menyatu dan membentuk *weld metal*. Untuk menghasilkan busur yang baik dan konstan *welder* harus menjaga ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama. Pada mesin SMAW arus DC terdapat dua polaritas yaitu polaritas lurus (DCSP) dan polaritas balik (DCRP).

Pada polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif sedangkan untuk logam induk dihubungkan dengan kutub positif, untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas

kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induknya dihubung dengan kutub negatif.



Gambar 2. 4 Polaritas Lurus (William, 2006)



Gambar 2. 5 Polaritas Terbalik (William, 2006)

Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW didesain untuk digunakan hanya DC- atau DC+. Elektroda lain dapat menggunakan keduanya DC- dan DC+. Elektroda E7018 dapat digunakan pada DC polaritas terbalik (DC+). Pengelasan ini menggunakan elektroda E7018 dengan diameter 3,2 mm maka arus yang digunakan berkisar antara 80-120 ampere.

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryosumarto, 1996).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

2.5 Uji Non Destructive Test (*Radiography Test*)

Uji NDT merupakan pengujian yang tidak dengan merusak material, namun pengujian yang memanfaatkan gelombang suara untuk mendeteksi adanya cacat pada lasan. Dalam pengujian ini suatu gelombang suara dengan frekuensi tinggi dirambatkan ke dalam logam yang diuji dengan menggunakan alat yang dapat mengirim dan menerima gelombang suara yang dinamakan prob (Wiryosumarto, 1996). Uji NDT memiliki berbagai macam jenis, yaitu *visual inspection*, *liquid penetrant test*, *magnetic particle*, *eddy current test*, ultrasonik, radiografi.

Pengujian dengan metode radiografi merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam NDT. Metode radiografi mempunyai daya penetrasi dan penyerapan dari radiasi sinar -x dan sinar γ (gamma), maka radiografi dapat digunakan untuk memeriksa pada sambungan las (Damay, 2016).

Kelebihan uji NDT:

- a. Dapat digunakan untuk berbagai material
- b. Dapat memperlihatkan kondisi asli bagian dalam material
- c. Dapat memperlihatkan bentuk cacat
- d. Menghasilkan *visual image* yang permanen

Kekurangan uji NDT:

- a. Peralatan yang digunakan relatif mahal
- b. Setiap operator harus memiliki lisensi
- c. Tidak praktis digunakan pada sepsimen yang mempunyai bentuk geometris beragam
- d. Pertimbangan keselamatan dan kesehatan dari bahaya yang ditimbulkan sinar x dan sinar gamma.

2.6 Uji Metalografi

Metalografi merupakan ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Terdapat lima metode dalam uji metalografi yaitu mikroskop (optik maupun elektron), difraksi (sinar X, elektron dan neutron), analisis (X ray fluorescence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi (Khotasa, 2016).

Pengujian makro (*makroscope test*) ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 sampai 50 kali. Pengujian mikro adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan pengujian mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi (Safira, 2016).

Pada penelitian ini digunakan metode mikroskop, dan metode ini dibagi menjadi dua, yaitu:

- a. Metalografi makro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 7 kali
- b. Metalografi mikro, yaitu pengamatan struktur dengan perbesaran 500 kali.

Setelah dilakukan pengujian mikro dengan perbesaran 500x maka langkah selanjutnya ialah menentukan presentase dari fasa perlit dan ferit. Fasa ferit memiliki sifat ulet dan berwarna putih, sedangkan fasa perlit memiliki sifat yang kuat tetapi getas dengan ciri-ciri berwarna hitam. Dalam menentukan presentasi ferit dan perlit metode yang digunakan dalam perhitungan adalah metode *point counting*. berikut rumus dari *point counting*:

$$P_P = \frac{\Sigma P_\alpha}{P_T} = \frac{\Sigma P_\alpha}{nP_o} \quad (2.2)$$

Di mana:

$P_T = nP_o$ = jumlah titik

P_α = jumlah titik di fasa α

2.7 Uji Kekerasan Vickers

Kekerasan suatu material adalah tolak ukur kemampuan material tersebut untuk menahan deformasi plastis (Damay, 2016). Faktor kekerasan material adalah ketahanan bahan terhadap penetrasi permukaannya. Sehingga terdapat hubungan antara kekerasan dan kekuatan bahan. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang akan mendapatkan perlakuan pergesekan dan deformasi plastis. Deformasi plastis merupakan suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk semula.

Uji kekerasan *vickers* menggunakan indenter berbentuk piramida intan dengan berbentuk dasar bujur sangkar dengan besar sudut 136^0 terhadap kedua sisi yang berhadapan. Besar sudut itu digunakan karena merupakan perkiraan rasio terideal indentasi diameter bola uji brinell. Uji kekerasan Vickers sesuai dengan standar ASTM E92 (Khotasa, 2016).

Berikut merupakan rumus dari uji kekerasan *vickers*:

$$VHN = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \quad (2.3)$$

dimana:

P= Beban (kg)

d= Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut piramida 136^0

2.8 Uji Tarik

Uji tarik merupakan perlakuan yang sangat penting pada meterial yang telah dilas guna mengetahui *yield strength* dan *ultimate strength*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikal beban aksial yang berkelanjutan hingga material tersebut patah. Dengan menggunakan standar ASME IX tahun 2002, sesuai dengan Gambar 2.6, panjang dari spesimen adalah 254 mm, dengan lebar 31mm.

perencanaan konstruksi, beban yang diterima oleh material tersebut harus lebih rendah dari nilai titik luluh material itu sendiri agar material tidak mengalami kerusakan bahkan patah. Untuk mengetahui sifat mekanis pada material yang telah diuji tarik maka harus dilakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\sigma_{Ultimate} = \frac{P_{Ultimate}}{A} \text{ N/mm}^2 \quad (2.4)$$

$$\sigma_{Yield} = \frac{P_{Yield}}{A} \text{ N/mm}^2 \quad (2.5)$$

$$\varepsilon \text{ (Elongation)} = \frac{(L_i - L_0)}{L} \% \quad (2.6)$$

Dimana:

A = Initial cross sectional area (mm²)

L_0 = Gauge length awal (mm)

L_i = Gauge length setelah pengujian (mm)

$P_{ultimate}$ = Maximum load (N)

P_{yield} = Yield load

2.9 Korosi

Korosi didefinisikan sebagai proses kerusakan dari material karena reaksi dengan lingkungan sekitar nya (Pratikno, 2006). Korosi dapat membuat sifat dan kualitas sebuah material menjadi rendah dari pada material yang tidak terkorosi. Dalam proses korosi, ada dua aspek yang saling mempengaruhi yaitu material dan lingkungannya. Lingkungan dapat berupa kelembapan udara, asam atau basa, gas, temperatur, dan lain-lain. Proses kecepatan material terdapat dari tingkat keaktifan reaksi material tersebut dengan lingkungannya.

Korosi terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu korosi galvanik, korosi kelelahan, pitting corrosion, intergranular corrosion, korosi seragam, korosi biologi, korosi erosi, stress corrosion, dan lain-lain. Korosi juga dapat dicegah melalui perlakuan sebagai berikut: pengecatan, dibalut plastik, pelapisan dengan krom, pelapisan dengan timah, pengorbanan anoda, dan lain-lain.

2.9.1 Prinsip Dasar dan Mekanisme

Elektrokimia merupakan reaksi yang paling banyak yang terjadi pada korosi logam, dimana reaksi tersebut terdapat anoda, katoda, dan elektrolit sebagai tiga

komponen utama dalam reaksi elektrokimia. Antara anoda dan katoda terjadi suatu kontak satu sama lain atau terbungkus secara elektrokimia. Anoda mengalami oksidasi sedangkan katoda mengalami reaksi reduksi. Reaksi reduksi adalah suatu proses penangkapan elektron dan terjadi penurunan bilangan oksidasi. Logam yang mengalami oksidasi inilah yang akan terkorosi dan berubah menjadi senyawa lain dengan bilangan oksidasi yang lebih besar.

Proses korosi dapat terjadi jika terdapat empat komponen dasar terjadinya korosi terpenuhi, komponen-komponen tersebut adalah:

1. Anoda, merupakan bagian logam yang berfungsi sebagai elektroda, dimana terjadi reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron.



2. Katoda, merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik yang mengkonsumsi elektron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah (Chamberlain, 1995):

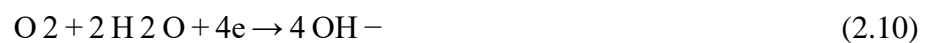
- Reaksi pembentukan hydrogen :



- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam



- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral



- Reaksi reduksi logam

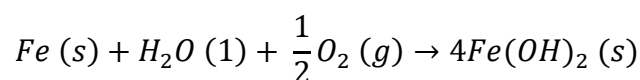


- Deposisi logam

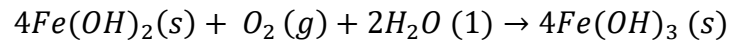


3. Penghantar listrik, dimana diantara katoda dan anoda harus terdapat kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir
4. Elektrolit, merupakan suatu media yang bersifat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

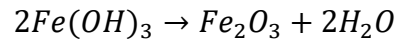
Contoh yang biasanya terjadi yaitu korosi pada besi (Fe):



Ferri hidroksida $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air udara menjadi ferri hidroksida $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$, sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah:



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi Fe_2O_3 yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut karat (Vogel, 1979). Reaksinya adalah:



2.9.2 Laju Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan penurunan kualitas suatu material terhadap waktu. Uji laju korosi berfungsi untuk mengetahui perambatan korosi pada suatu material dan merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan material terhadap korosi. Suatu material cenderung akan memiliki laju korosi yang rendah apabila mengandung karbon kurang dari 0,2%. Nilai laju korosi umumnya bernilai 1-200 mpy.

Untuk mengetahui laju korosi terdapat sebuah metode yaitu metode kehilangan berat, metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga didapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi. Untuk menghitung laju korosi terdapat rumus berdasarkan ASTM G31-72 sebagai berikut:

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{K.W}{D.A.T} \quad (2.13)$$

dengan:

W= Kehilangan berat (mg)

K= Konstanta (mpy= $3,45 \times 10^6$)

D= Kerapatan benda uji (g/cm^3)

A= Luas permukaan yang terkorosi (m^2)

T= Waktu exposure (jam)

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{K \alpha \alpha i}{n \times D} \quad (2.14)$$

Dengan:

a = Berat atom logam yang terkorosi (gram/mol)

i = i_{corr} ($\mu\text{A/cm}^2$)

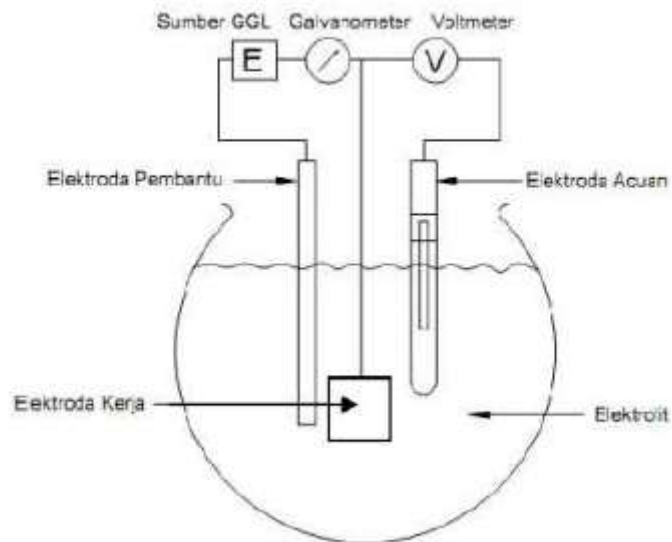
k = konstanta (0.129 untuk mpy dan 0.00327 untuk mmpy)

n = jumlah elektron yang dilepas pada logam terkorosi

D = masa jenis logam terkorosi (gram/cm^3)

2.9.3 Sel Tiga Elektroda

Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat-sifat korosi material. Perangkat ini merupakan versi yang disempurnakan dari sel korosi basah. Sel ini dapat digunakan dalam berbagai macam percobaan korosi.



Gambar 2. 8 Komponen Sel Tiga Elektroda (Chamberlain, 1991)

Gambar 2.8 merupakan komponen sel tiga elektroda yang dijabarkan oleh Chamberlain (1991):

- **Elektroda Kerja**
Komponen ini merupakan elektroda yang diteliti. Istilah elektroda digunakan sebagai ganti anoda. Elektroda kerja dapat disiapkan dengan berbagai cara, salah satunya adalah cukup dengan memasang sebuah spesimen kecil dalam resin pendingin. Spesimen harus mempunyai hubungan listrik dan hal ini dapat disiapkan sebelum pemasangan. Permukaan spesimen harus digerinda dan diampelas sehingga rata dan halus.
- **Elektroda Pembantu**
Elektroda pembantu merupakan sebutan yang diberikan untuk elektroda kedua yang memiliki fungsi untuk mengangkut arus dalam

rangkaian penelitian. Elektroda ini tidak diperlukan untuk pengukuran potensial. Bahan yang sering digunakan adalah batang karbon.

- Elektroda acuan

Elektroda acuan merupakan elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang baik untuk acuan pengukuran potensial dari elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehingga dapat diabaikan.

- Larutan Elektrolit (salinitas 35%)

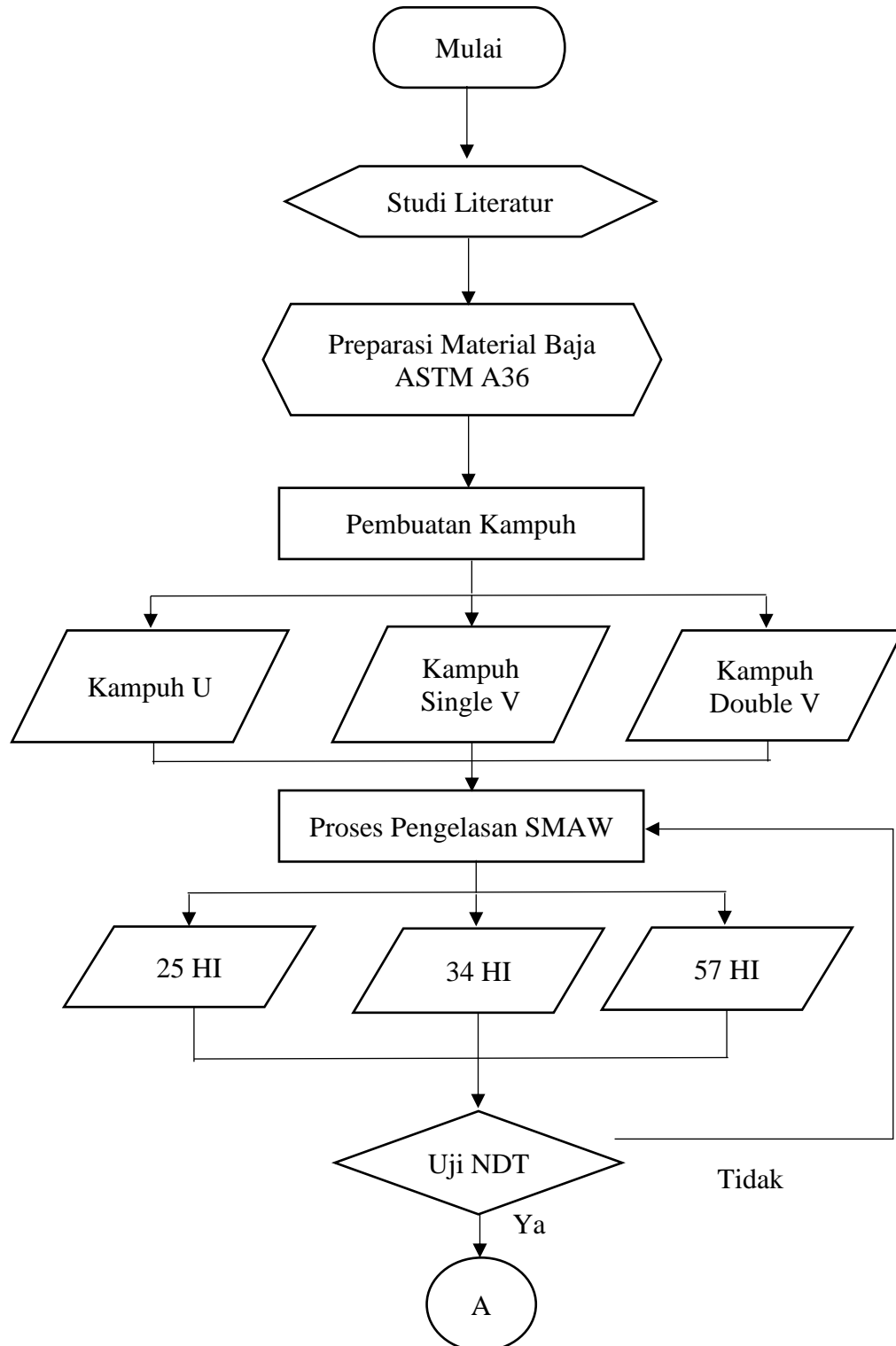
Larutan elektrolit yang digunakan sebanyak 1 liter. Larutan elektrolit harus dipilih dengan cermat karena larutan elektrolit berfungsi sebagai pengangkut arus ionic sehingga memainkan peranan penting sekali dalam reaksi-reaksi korosi.

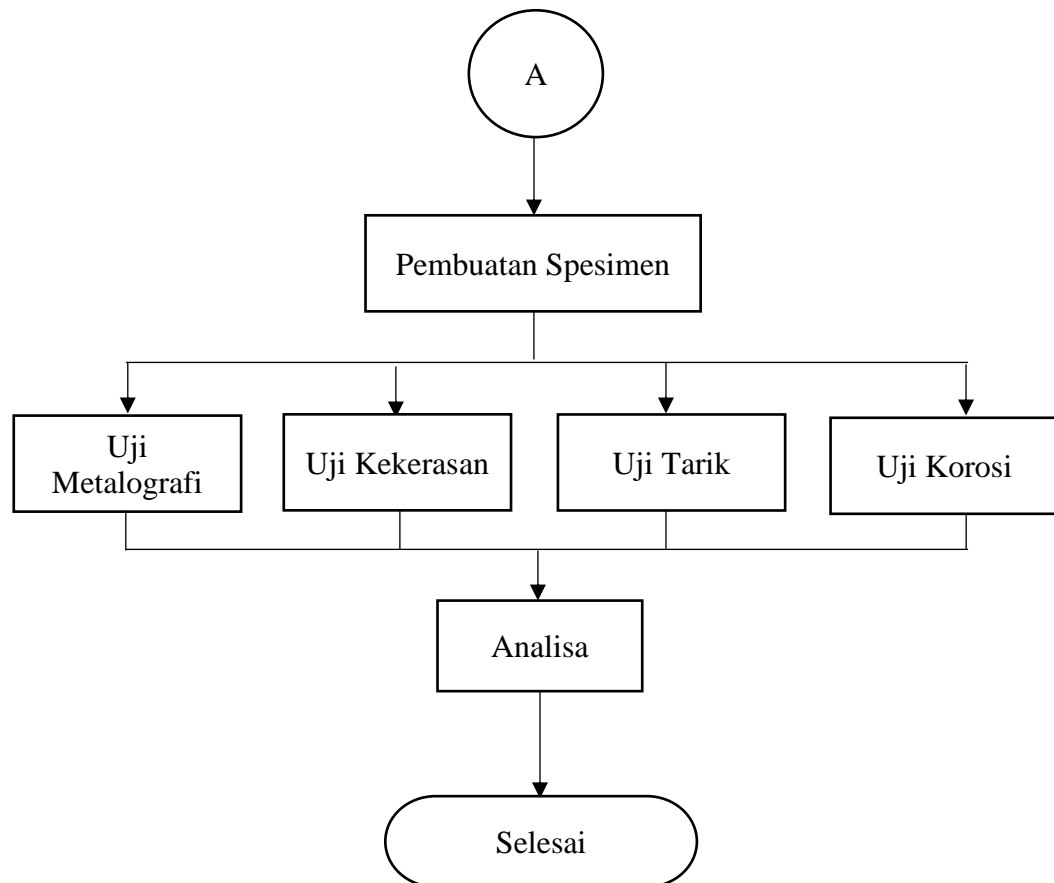
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





3.2 Studi Literatur

Untuk melakukan penelitian ini maka harus mendapatkan atau mengumpulkan materi dari beberapa literatur. Studi literatur meliputi mempelajari buku, jurnal, *paper*, laporan tugas akhir terdahulu yang permasalahannya saling berhubungan dengan penelitian ini. Liteeratur-literatur tersebut yang natinya akan menjadi referensi atau acuan dari penelitian atau tugas akhir ini.

3.3 Preparasi Material Baja ASTM A36

Baja merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi dan karbon 0,2%-2,1%. Selain karbon dan besi, baja juga mengandung unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan lainnya. Tetapi tetap baja dan karbon yang mendominasi dari kandungan baja tersebut.

Unsur paduan utama baja adalah karbon, dengan ini baja dapat digolongkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Berikut meurapakan kandungan baja menurut kadar karbonnya:

- Baja karbon rendah:
Mengandung karbon dalam campuran baja kurang dari 0,3% C. Strukturnya terdiri dari ferrit dan sedikit perlit sehingga kekuatan baja ini relatif rendah, lunak tetapi keuletannya tinggi, mudah dibending dan di-machining.
- Baja karbon sedang:
Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3% C-0,6 C. Dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Baja ini lebih keras dan kuat dari baja karbon rendah.
- Baja karbon tinggi:
Baja karbon tinggi memiliki karbon 0,6% C-1,5% C serti memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari baja karbon sedang, namun keuletannya rendah. Baja dengan karbon tinggi adalah getas dikarenakan pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal karena terlalu banyak martensit.

Terdapat beberapa macam pelat baja contohnya A36, A572, A1011, dan lain-lain, pelat baja ASTM A36 merupakan material baja karbon rendah yang memiliki karakteristik mudah untuk dijadikan bahan fabrikasi atau konstruksi. Di dalam industri kelautan material ini biasa digunakan untuk struktur *deck platform*, kaki *jacket*, pipa transmisi minyak, pipa gas tekanan rendah, dan lain-lain. Pelat baja ASTM A36 memiliki kekerasan yang cukup kuat tetapi material ini juga termasuk material yang mudah untuk perlakuan pengelasan.

Tabel 3. 1 *Chemical Properties (Azo Materials) (ASTM A36 Steel Bar)*

Elemen	Kadar
Karbon	0,26 %
Besi	99 %
Magnesium	0,75 %
Fosfor	0,04 %

Elemen	Kadar
Silikon	0,4 % max
Sulfur	0,05 %
Tembaga	0,2 %

Tabel 3. 2 *Physical Properties (Azo Materials)*

<i>Physical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Imperial</i>
Massa jenis	7,85 g/cm ³	0,284 lb/in ³

Tabel 3. 3 *Mechanical Properties (Azo Materials)*

<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>Imperial</i>
<i>Tensile Strenght, Ultimate</i>	400-550 Mpa	58000-79800
<i>Tensile Strength, Yield</i>	250 MPa	36300 psi
<i>Elongation at Break (in 200 mm)</i>	20 %	20 %
<i>Elongation at Break (in 50 mm)</i>	23 %	23 %
<i>Modulus of Elasticity</i>	200 Gpa	29000 ksi
<i>Bulk Modulus (tpical for steel)</i>	140 Gpa	29000 ksi
<i>Poissons Ratio</i>	0,26	0,26
<i>Shear Modulus</i>	79,3 Gpa	11500 ksi
<i>Compressive Yield Strength</i>	152 MPa	22000 psi

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ASTM A36. Spesimen dibuat bentuk segi empat dengan ukuran dan tipe sebagai berikut:

- Tipe : ASTM A36
- Panjang : 200 mm
- Lebar : 100 mm
- Tebal : 10 mm
- Kampuh : *Single V*, *U*, dan *double V*
- Elektrode : E7018 ($d = 3,2 \text{ mm}$)

3.4 Pembuatan Kampuh

Kampuh las menjadikan salah satu faktor baik atau tidaknya sebuah pengelasan, kampuh las berguna untuk menampung bahan pengisi agar lebih banyak yang merekat pada benda kerja, maka kekuatan las akan baik. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan jenis kampuh adalah ketebalan benda kerja, jenis benda kerja, kekuatan las, dan posisi pengelasan.

Kampuh las memiliki berbagai macam jenis yaitu kampuh I, kampuh K, kampuh V seperti pada Gambar 3.1, kampuh U seperti pada Gambar 3.2, kampuh T, kampuh X seperti pada Gambar 3.3, dan lain-lain. Kampuh Yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis kampuh V, U , dan *double V*.



Gambar 3. 1 Kampuh Berbentuk *Single V*



Gambar 3. 2 Kampuh Berbentuk U



Gambar 3. 3 Kampuh Berbentuk *Double V*

3.5 Tahap Pengelasan

Proses pengelasan ini berlokasi di *Welding Centre* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengelasan ini bertujuan untuk menggabungkan dua buah pelat baja A36 hingga membentuk sebuah specimen yang nantinya akan dihasilkan sambungan las guna diujikan pada langkah pengerjaan berikutnya. Prosedur pengelasan mengacu pada *Welding Procedure Specification* (WPS). Kawat las (elektroda) sangat dibutuhkan dalam pengelasan, elektroda terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian berselaput (fluks) dan tidak berselaput.

Fungsi dari fluks yaitu:

- Melindungi logam cair dari lingkungan udara
- Menghasilkan gas pelindung
- Menstabilkan busur.

Berikut merupakan spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (fluks), posisi pengelasan, polaritas pengelasan dan jenis listrik yang digunakan:

Tabel 3. 4 Spesifikasi Elektroda

Klasifikasi AWS - ASTM	Jenis Fluks	Posisi *) Pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaksanakan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			
Kekuatan tarik terendah kelompok E 70 setelah dilaksanakan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014	Serbuk besi, titania	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Klasifikasi AWS - ASTM	Kekuatan Tumbuk Terendah
E6010, E6011	
E6027, E7015	2,8 kg-m pada 28,9°C
E7016, E7018	
E7028	2,8 kg-m pada 17,8°C
E6012, E6013	
E6020, E7014	tidak disyaratkan
E7024	

*) Arti simbol:

F = datar

V = vertikal

OH = atas kepala

H = horizontal

H-S = horizontal las sudut

Elektroda yang ada di pasaran biasanya dibungkus dengan campuran bahan-bahan fluks yang tergantung dari penggunaannya. Walaupun jenis elektroda sangat banyak jumlahnya, tetapi secara garis besar dapat digolongkan dalam kelas-kelas berikut yang pembagiannya didasarkan atas fluks yang membungkusnya. (Wirjosumarto, 1996) Jenis-jenis elektroda diklasifikasikan oleh beberapa standar, dan

yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar AWS A5.1 (*American Welding Society*). Menurut AWS klasifikasi elektroda dengan baja lunak untuk busur las listrik mempunyai kode E XXYZ.

Dengan:

- E : Elektroda busur listrik .
- XX: Kekuatan tarik .
- Y : Posisi pengelasan .
- Z : Jenis arus pengelasan .

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas. Dalam penelitian ini elektroda yang dipakai adalah E7018 dengan spesifikasi berikut:

- E : elektroda las listrik dengan diameter 3,2 mm.
70 : Tegangan tarik minimum hasil pengelasan (70.000 Psi).
1 : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai pada semua posisi pengelasan).
8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.



Gambar 3. 4 Proses Pengelasan

3.6 Pengujian

Setelah melewati beberapa tahapan seperti persiapan material, pengelasan sesuai variasi arus dan variasi kampuh maka dibuatlah spesimen – spesimen untuk dilakukan pengujian, antara lain:

a. Uji NDT (Radiografi)

Setelah proses pengelasan, maka akan dilakukan uji kualitas las dengan pengujian NDT radiografi. Uji NDT bermaksud untuk mendeteksi kecacatan dari las dengan menggunakan sinar X dan sinar gamma. Sinar X dipancarkan menembus material. Saat menembus objek, sebagian sinar akan diserap sehingga intensitasnya berkurang. Intensitas akhir kemudian direkam pada film yang sensitif. Jika ada cacat pada material maka intensitas yang terekam pada film akan bervariasi. Hasil rekaman pada film ini yang akan memperlihatkan bagian material yang mengalami kecacatan.

NDT dengan metode radiografi memiliki sensitivitas yang tinggi, untuk hampir semua pendeteksian kecacatan sebagian besar, tapi akibatnya adalah prosedur inspeksi yang lebih mahal dari pada metode NDT alternatif. Ada juga bahaya radiasi ketika menggunakan metode ini, dan beberapa retakan yang normal berorientasi ke sumber radiasi menjalankan resiko tidak terdeteksi.

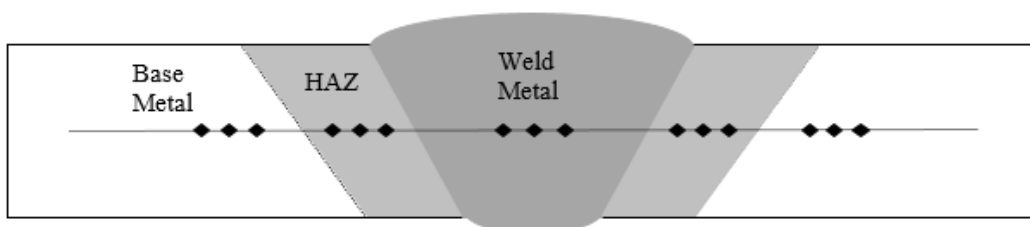
Keuntungan NDT radiografi:

- Faktor ketebalan benda uji tidak mempengaruhi
- Mampu menggambarkan bentuk cacat yang baik

Kekurangan NDT radiografi:

- Operator bersertifikasi
- Efek radiasi sinar gamma berbahaya

b. Uji Kekerasan



Gambar 3. 5 Titik Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada logam las (weld metal), HAZ, dan logam dasar (base metal). Standart untuk pengujian kekerasan *vickers* adalah ASTM E92 *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. Hasil dari pengujian kekerasan dapat dihubungkan dengan perubahan struktur mikro yang ada di sampel hasil lasan. Prinsip dari uji kekerasan Vickers adalah besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi atau dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1854xP}{d^2} \quad (3.1)$$

Dimana :

P = Beban (gramforce)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut piramida 136°

Berikut merupakan langkah-langkah pengujian kekerasan:

1. Pemotongan material
2. Spesimen yang telah dipotong lalu diamplas menggunakan kertas amplas dengan grit 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000.
3. Spesimen dietsa dengan menggunakan larutan nital 2 %, yang terdiri dari 2 ml HNO_3 ditambah 98 ml alkohol 96 %. Spesimen diberi larutan tersebut sampai terlihat daerah las nya.
4. Spesimen dicuci dengan alkohol lalu dikeringkan.
5. Dilakukan pengamatan



Gambar 3. 6 Proses Pengujian Kekerasan

c. Uji Metalografi

Uji metalografi akan dilakukan sesuai dengan ASTM E3-01 *standard guide for preparation of metallographic specimens*. Pengambilan foto struktur mikro dilakukan pada daerah logam lasan, HAZ, logam induk dengan perbesaran 500x. Untuk foto makro dilakukan perbesaran 7x.

Berikut merupakan langkah-langkah dalam pembuatan spesimen untuk dilakukan pengamatan mikro dan makro:

1. Pemotongan material
2. Spesimen yang telah dipotong lalu diampelas menggunakan kertas amplas dengan grit 80, 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000.
3. Spesimen yang sudah diampelas akan dipoles dengan kain dan cairan alumina grade 0,1 mikron.



Gambar 3. 7 Spesimen Uji Metalografi

4. Spesimen diberi alkohol
5. Spesimen dietsa dengan menggunakan larutan nital 2 %, yang terdiri dari 2 ml HNO_3 ditambah 98 ml alkohol 96 %. Spesimen diberi larutan tersebut sampai terlihat daerah las nya.
6. Spesimen dicuci dengan alkohol lalu dikeringkan.
7. Dilakukan pengamatan pada spesimen.



Gambar 3. 8 Pengambilan Foto Mikro



Gambar 3. 9 Pengambilan Foto Makro

d. Uji Tarik

Uji tarik bertujuan untuk mengetahui keuletan dari material tersebut. Sampel uji tarik dalam pengelasan dapat menggambarkan batas elastis, tarik lasan, titik luluh, dan duktilitas. Pengujian dalam penelitian ini akan dilakukan dua kali pada masing masing variasi. Berikut merupakan langkah-langkah untuk melakukan uji tarik.

1. Pembuatan spesimen menggunakan standar ASME IX tahun 2002
2. Pembersihan mahkota las menggunakan gerinda
3. Pengukuran luas penampang dan *gauge length*
4. Spesimen dipasang pada mesin tarik lalu dijepit oleh *grip* pada kedua ujungnya
5. Mesin tarik akan menarik spesimen hingga putus.
6. Setelah pengujian akan dilakukan pengukuran akhir pada spesimen.



Gambar 3. 10 Alat Uji Tarik (Alat Uji Tarik Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS)

e. Uji Korosi

Uji korosi bertujuan untuk mengetahui laju korosi pada material. Uji korosi pada tugas akhir ini dilakukan dengan metode sel 3 elektroda yang berhubungan dengan Potensiostat Autolab PGSTAT128N. Pengujian ini berdasarkan ATM G102. Spesimen yang digunakan untuk pengujian korosi berukuran 40 mm x 15 mm x 10 mm. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pengujian korosi dengan metode sel elektroda:

1. Pemotongan spesimen sesuai ukuran yang sudah dijelaskan
2. Mempersiapkan elektroda acuan (Ag/AgCl), elektroda pembantu (platina), larutan elektrolit NaCl 3,5 %, alat pengujian korosi Potensiostat Autolab PGSTAT128N
3. Spesimen uji, elektroda Ag/AgCl, dan elektroda platina diletakkan dalam gelas *beaker*.
4. Pengaturan sumber potensial mulai dari -500 mv sampai dengan +500 mv yang terhubung dengan software NOVA
5. Grafik tafel akan terbentuk setelah nilai potensial dari spesimen ditemukan.

6. Masukkan data massa jenis material (g/cm^3), berat atom logam (g/mol), dan luas penampang material yang akan diuji (cm^2).
7. Setelah memasukkan data maka akan diketahui laju korosi, kuat arus korosi, dan potensial korosi.

3.7 Analisa Data Hasil Eksperimen

Pada tahap akhir dari penelitian ini adalah menganalisa data hasil eksperimen. Dari data yang sudah kita dapatkan akan dikelompokkan dan dianalisa sesuai standart atau referensi yang menjadi pedoman pada penelitian ini. Sehingga dari hasil analisa tersebut, peneliti dapat melakukan pembahasan akan tujuan dari permasalahan yang dirumuskan pada awal pembahasan.

Setelah melakukan pembahasan maka dapat ditulis kesimpulan dari penelitian ini sesuai perumusan masalah, dan juga memberikan saran untuk penelitian selanjutnya guna menyempurnakan penelitian ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Welding Procedure Specification (WPS)

Pengelasan dilakukan di Laboratorium *Welding Center* Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pengelasan dilakukan pada material baja ASTM A36 dengan panjang 300mm dan lebar 150mm. Pada penelitian ini dilakukan pengelasan SMAW dengan variasi *heat input* dan variasi bentuk kampuh, yaitu bentuk U, bentuk *single V*, dan bentuk *double V*. Elektroda yang digunakan pada pengelasan ini adalah E 7018 dengan diameter sebesar 3.2 mm.



Gambar 4. 3 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk *Single V* Sebelum Dilakukan Pengelasan

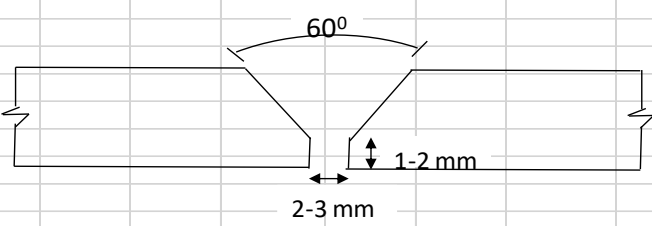
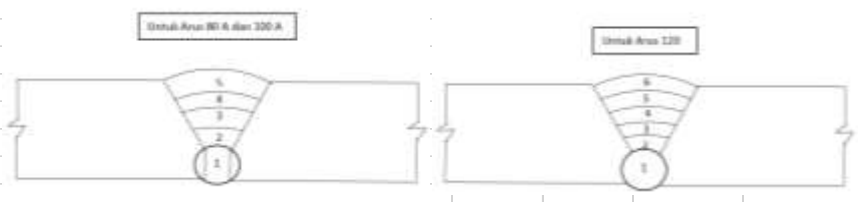


Gambar 4. 2 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk U Sebelum Dilakukan Pengelasan



Gambar 4. 1 Material Baja A36 Kampuh Berbentuk *Double V* Sebelum Dilakukan Pengelasan

4.1.1 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh *Single V*

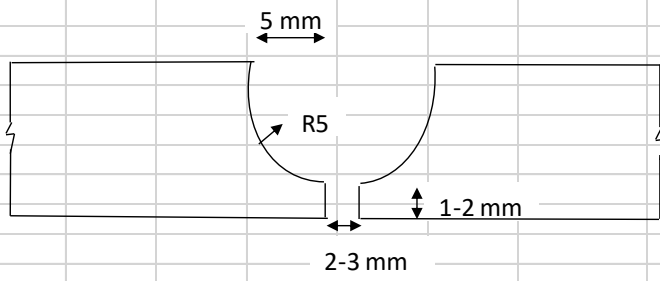
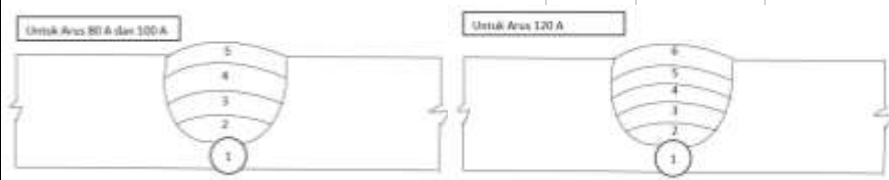
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION							
Material	Carbon Steel ASTM A 36 (300 mm x 150 mm x 10 mm)						
Welding Process	SMAW						
Joints Design	Butt Joint						
Groove	V						
Filler Metal	E 7018						
Position	1G						
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	72 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	68 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	68 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	75 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	80 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	65 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	60 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	67 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	64 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	72 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	47 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	52 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	53 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	47 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	42 s
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	42 s
Weld Preparation							
							
Pass Location							
							

Gambar 4. 4 Welding Procedure Spesification pada Kampuh *Single V*

Terdapat tiga material baja ASTM A36 dengan bentuk kampuh V dengan masing-masing material diperlakukan *heat input* yang berbeda. Elektroda yang digunakan adalah tipe E 7018 dengan diameter 3.2 mm dan polaritas terbalik (DCRP). Pada material pertama dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 80 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 71 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 25 kJ/mm.

Pada material kedua dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 100 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 67 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 34 kJ/mm. Pada material ketiga dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 120 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 23 detik, maka sesuai dengan persamaa 2.1 didapat *heat input* sebesar 57 kJ/mm.

4.1.2 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh U

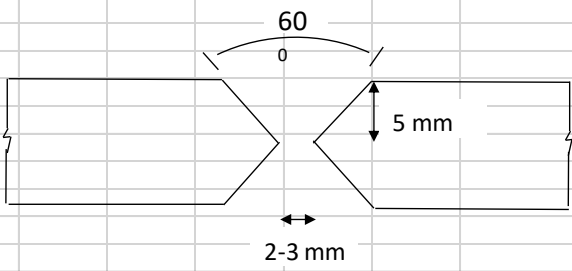

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION							
Material	Carbon Steel ASTM A 36 (300 mm x 150 mm x 10 mm)						
Welding Process	SMAW						
Joints Design	Butt Joint						
Groove	U						
Filler Metal	E 7018						
Position	1G						
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	65 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	68 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	74 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	78 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	62 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	66 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	62 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	69 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	72 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	69 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	54 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	50 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	55 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	48 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	42 s
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	50 s
Weld Preparation 							
Pass Location 							

Gambar 4. 5 Welding Procedure Spesification pada Kampuh U

Terdapat tiga material baja ASTM A36 dengan bentuk kampuh U dengan masing-masing material diperlakukan *heat input* yang berbeda. Elektroda yang digunakan adalah tipe E 7018 dengan diameter 3.2 mm dan polaritas terbalik (DCRP). Pada material pertama dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 80 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 71 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 25 kJ/mm.

Pada material kedua dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 100 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 67 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 34 kJ/mm. Pada material ketiga dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 120 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 23 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 57 kJ/mm .

4.1.3 Welding Procedure Spesification (WPS) pada Material Bentuk Kampuh Double V

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION							
Material	Carbon Steel ASTM A 36 (300 mm x 150 mm x 10 mm)						
Welding Process	SMAW						
Joints Design	Butt Joint						
Groove	Double V						
Filler Metal	E 7018						
Position	1G						
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	75 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	71 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	64 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	82 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20-26	68 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	70 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	62 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	68 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	75 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20-26	70 s
Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed
		Class	Diameter	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	46 s
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	44 s
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	52 s
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	49 s
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	49 s
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20-26	50 s
Weld Preparation 							
Pass Location 							

Gambar 4. 6 Welding Procedure Spesification pada Kampuh Double V

Terdapat tiga material baja ASTM A36 dengan bentuk kampuh *double V* dengan masing-masing material diperlakukan *heat input* yang berbeda. Elektroda yang digunakan adalah tipe E 7018 dengan diameter 3.2 mm dan polaritas terbalik (DCRP). Pada material pertama dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 80 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 71 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 25 kJ/mm.

Pada material kedua dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 100 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 67 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 34 kJ/mm. Pada material ketiga dilakukan pengelasan dengan arus yang digunakan sebesar 120 ampere, tegangan 23 volt, dan kecepatan sebesar 23 detik, maka sesuai dengan persamaan 2.1 didapat *heat input* sebesar 57 kJ/mm .

4.2 Hasil Pengelasan

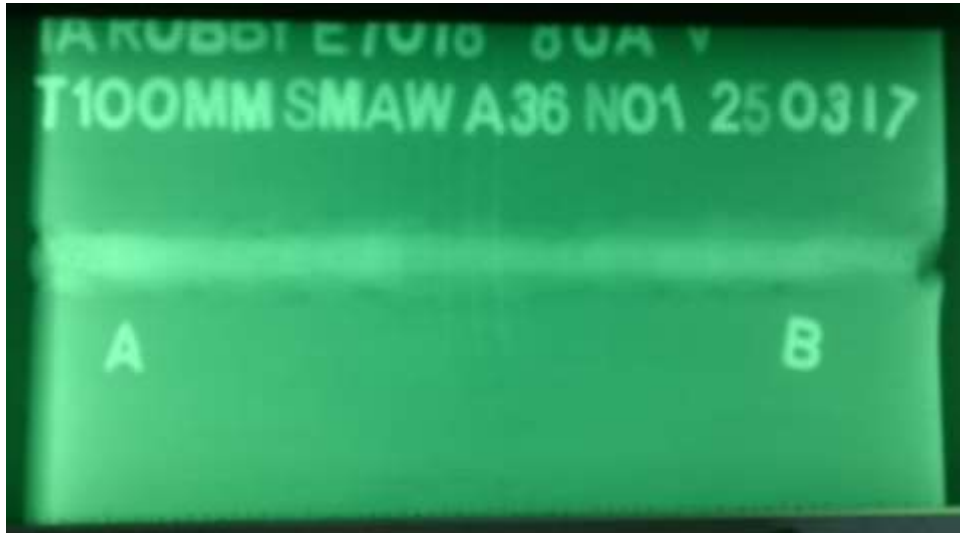
Pada penelitian kali ini dilakukan pengelasan SMAW menggunakan elektrode E 7018 terhadap pelat baja A36 dengan variasi heat input (25 kJ/mm, 34 kJ/mm, dan 57 kJ/mm) dan bentuk kampuh (*single V*, U, dan *double V*). Proses pengelasan dilakukan sesuai dengan welding procedure spesification (WPS). Gambar 4.8 merupakan contoh hasil pengelasan pada kampuh *single V*, hasil penegelasan lainnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4. 7 Material Baja A36 dengan Variasi Heat Input pada Kampuh Single V

4.3 Hasil Pengujian NDT Radiografi

Non Destructive Test (NDT) adalah pengujian untuk mengetahui adanya cacat las pada material tanpa merusak material. Dengan menggunakan sinar radioaktif yang disalurkan kepada daerah pengelasan material dan hasilnya akan dipantulkan kedalam film fotografi. Berikut merupakan film hasil pengujian NDT radiografi pada penelitian ini:



Gambar 4. 8 Film Radiografi Pengelasan SMAW Baja A36 pada Kampuh Single V dengan Heat Input 25 kJ/mm.

Pengujian Non Destructive Test (NDT) radiografi dilakukan di PT. Robutech. Gambar 4.10 merupakan contoh film hasil uji NDT pada kampuh single V dengan heat input 25 kJ/mm, film lainnya dapat dilihat pada lampiran. Dapat dilihat pada gambar diatas hasil pengujian dapat dinyatakan lulus karena tidak terlihat kecacatan pada spesimen tersebut, kecacatan hanya terdapat pada ujung-ujung spesimen, kecacatan tersebut tidak berpengaruh karena sisi tersebut akan dipotong masing-masing 20 mm.

4.4 Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan sebuah pengujian yang berfungsi untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap gaya statis. Pengujian ini sangat dibutuhkan untuk menentukan material yang tepat dalam pembuatan konstruksi. Dengan pengujian ini sifat mekanis dari suatu material akan terlihat seperti *yield strength* dan *ultimate strength*.

Pengujian tarik menggunakan standar ASME IX dan dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Kapal Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Gambar spesimen sebelum diuji dan sesudah di uji dapat dilihat pada lampiran.

Setelah dilakukan pengujian terhadap material ASTM A36 dengan pengelasan SMAW menggunakan variasi *heat input* dan bentuk kampuh maka akan didapatkan data uji tarik sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik dari Beberapa Spesimen

Spesimen	Width (mm)	Thick (mm)	CSA (mm ²)	F. Yield (N)	F. Ultimate (N)	Yield Strength (Mpa)	Ultimate Strength (Mpa)
25 v 1	18,87	9,81	185,11	73,5	92,5	397,05	499,69
25 v 2	18,2	9,8	178,36	74	92,5	414,89	518,61
34 v 1	19,15	10,3	197,25	71	93,7	359,96	475,04
34 v 2	19,2	10,1	193,92	72	93,7	371,29	483,19
57 v 1	19,7	9,8	193,06	74	96,8	383,30	501,40
57 v 2	18,9	9,93	187,68	66	91,6	351,67	488,07
25 u 1	19,9	10,3	204,97	75	96	365,91	468,36
25 u 2	19,53	10,4	203,11	74	97,5	364,33	480,03
34 u 1	19,6	9,8	192,08	71,8	97,5	373,80	507,60
34 u 2	19,8	9,83	194,63	74	99,8	380,20	512,76
57 u 1	19,6	9,8	192,08	73	99,7	380,05	519,05
57 u 2	19,7	9,98	196,61	71	99,8	361,13	507,61
25 vv 1	18,6	9,7	180,42	70	92	387,98	509,92
25 vv 2	19,7	9,6	189,12	71	93,4	375,42	493,87
34 vv 1	19,12	9,7	185,46	71	98,9	382,82	533,26
34 vv 2	19,8	9,7	192,06	72,5	100,2	377,49	521,71
57 vv 1	19,7	10,1	198,97	73	96	366,89	482,48
57 vv 2	19,9	10,1	200,99	72	99,6	358,23	495,55

Dengan,

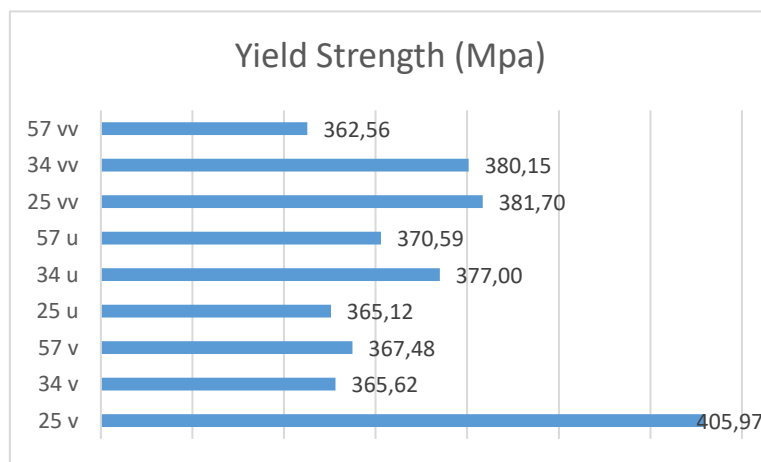
- Spesimen 25 v 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- Spesimen 25 v 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*

- c) Spesimen 34 v 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- d) Spesimen 34 v 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- e) Spesimen 57 v 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- f) Spesimen 57 v 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- g) Spesimen 25 u 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- h) Spesimen 25 u 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- i) Spesimen 34 v 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- j) Spesimen 34 v 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- k) Spesimen 57 u 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- l) Spesimen 57 u 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- m) Spesimen 25 vv 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- n) Spesimen 25 vv 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- o) Spesimen 34 vv 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- p) Spesimen 34 vv 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- q) Spesimen 57 vv 1 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- r) Spesimen 57 vv 2 adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*

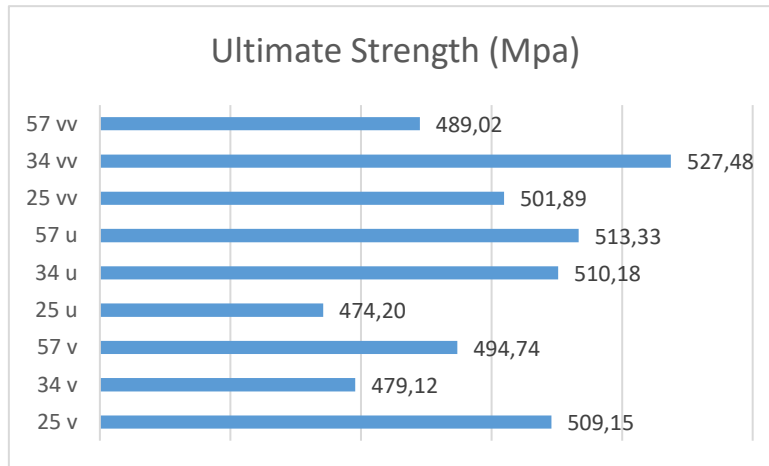
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tarik Rata-Rata Per Spesimen

Spesimen	Average Yield Strength (Mpa)	Average Ultimate Strength (Mpa)	Breaking
25 v	405,97	509,15	Base Metal
34 v	365,62	479,12	Base Metal
57 v	367,48	494,74	Base Metal
25 u	365,12	474,20	Base Metal
34 u	377,00	510,18	Base Metal
57 u	370,59	513,33	Base Metal
25 vv	381,70	501,89	Base Metal
34 vv	380,15	527,48	Base Metal
57 vv	362,56	489,02	Base Metal

Dari tabel 4.2 dapat dilihat semua spesimen putus pada daerah logam induk (*base metal*). Spesimen yang memiliki nilai tarik yang tertinggi ialah spesimen 8 yaitu pengelasan baja A36 dengan *heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* dengan nilai *ultimate strength* sebesar 527,48 mpa. Sedangkan spesimen yang memiliki nilai *ultimate strength* terendah adalah spesimen 4 yaitu pengelasan pada baja A36 dengan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk U, nilai *ultimate strength* yaitu 474,2 mpa. Dan tabel 4.2 dapat diikonversikan ke dalam grafik pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.



Gambar 4. 9 Grafik *Yield Strength*



Gambar 4. 10 Grafik *Ultimate Srength*

Dengan,

- a) Spesimen 25 v adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- b) Spesimen 34 v d adalah pengelasan engan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- c) Spesimen 57 v adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- d) Spesimen 25 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- e) Spesimen 34 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- f) Spesimen 57 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- g) Spesimen 25 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- h) Spesimen 34 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- i) Spesimen 57 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*

Sesuai dengan standar ASME IX 2002 kriteria dinyatakan diterima apabila kekuatan tarik spesimen tidak kurang dari kriteria berikut:

- Lerluatan tarik minimum yang ditetapkan dari logam dasar, atau
- Kekuatan tarik minimum yang ditetapkan dari logaam dasar telemah,
- Kekuatan tarik minimum dari logam las, bila standar yang digunakan menentukan penggunaan logam las dengan kekuatan tarik lebih rendah dari pada suhu ruang.
- Bila spesimen putus pada logam dasar diluar daerah pengelasan atau diluar garis fusi las, tes dinyatakan lulus dengan syarat kekuatan tarik minimum 5% lebih rendah dari kekuatan tarik minimum yang ditetapkan untuk logam dasar.

Tabel 4. 3 *Summary* Kekuatan Tarik Setiap Spesimen

Spesimen	Ultimate Strength (Mpa)	Kontingensi (100%)	Breaking
Baja ASTM A 36	424,50	100,00	Base Metal
25 v	509,15	119,94	Base Metal
34 v	479,12	112,87	Base Metal
57 v	494,74	116,55	Base Metal
25 u	474,20	111,71	Base Metal
34 u	510,18	120,18	Base Metal
57 u	513,33	120,93	Base Metal
25 vv	501,89	118,23	Base Metal
34 vv	527,48	124,26	Base Metal
57 vv	489,02	115,20	Base Metal

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kontingensi dari setiap spesimen lebih dari 5%, dan putus pada daerah logam induk (logam dasar). Maka, dari data tabel 4.3 dapat dinyatakan bahwa pengujian dari semua spesimen dinyatakan diterima sesuai dengan standar ASME IX 2002.

4.5 Pengujian Kekerasan (Vickers Hardness Test)

Uji kekerasan (*vickers hardness test*) berfungsi untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material. Terdapat dua sifat dari material yaitu ulet (ductile) dan getas (brittle). Pada prinsip nya material yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi maka akan memiliki kekuatan tarik dan kegetasan yang tinggi pula, tetapi memiliki sifat keuletan yang rendah. Sebaliknya, material yang memiliki tingkat kekerasan yang rendah maka akan memiliki kekuatan tarik dan kegetasan yang rendah, tetapi memiliki

sifat keuletan yang tinggi. Jadi kesimpulannya nilai kekerasan berbanding lurus dengan kekuatan tarik dan kegetasan namun berbanding terbalik dengan nilai keuletannya.

Pada pengujian ini akan diuji sebanyak sembilan titik pada setiap spesimennya. Sembilan titik ini meliputi tiga titik pada daerah logam dasar (*base metal*), 3 titik pada daerah HAZ, dan 3 titik pada daerah logam las (*weld metal*).

Tabel 4. 4 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 25 kJ/mm dengan Kampuh *Single V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
25 v	162	160	161	168	177	169	176	183	175
Average	161			171,33			178		

Tabel 4. 5 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh *Single V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
34 v	162	152	161	184	179	190	192	185	183
Average	158,33			184,33			186,67		

Tabel 4. 6 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh *Single V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
57 v	128	126	127	158	145	135	176	147	154
Average	127			146			152,67		

Tabel 4. 7 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 25 kJ/mm dengan Kampuh U

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
25 u	151	143	149	175	177	177	178	180	183
Average	147,67			176,33			180,33		

Tabel 4. 8 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh U

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
34 u	159	169	165	177	163	180	180	183	182
Average	164,33			173,33			181,67		

Tabel 4. 9 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 57 kj/mm dengan Kampuh U

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
57 u	145	168	155	165	177	175	187	192	183
Average	156			172,33			187,33		

Tabel 4. 10 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 25 kj/mm dengan Kampuh *Double V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
25 vv	170	169	169	146	169	148	160	171	162
Average	169,33			154,33			164,33		

Tabel 4. 11 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 34 kj/mm dengan Kampuh *Double V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
34 vv	133	146	144	154	136	152	201	187	189
Average	141			147,33			192,33		

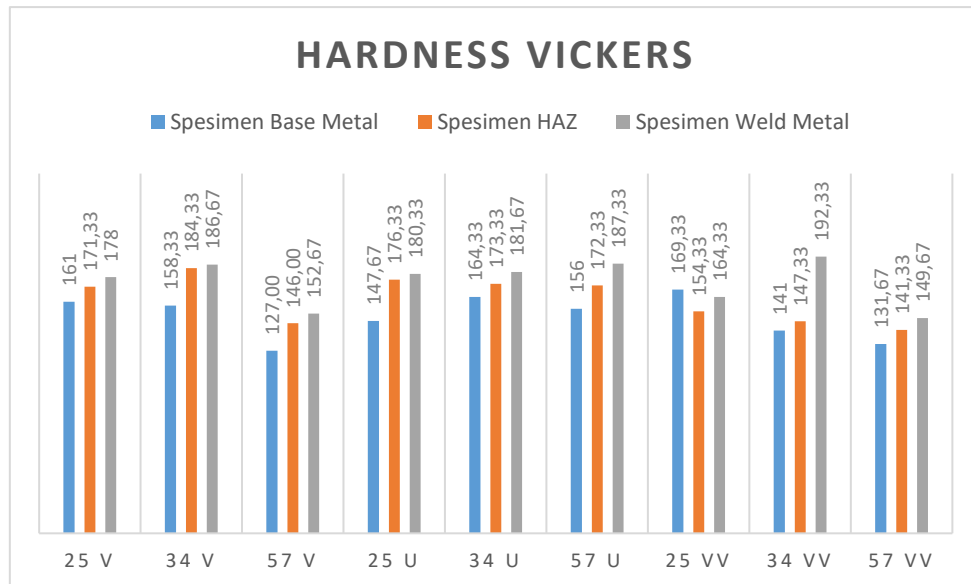
Tabel 4. 12 Hasil Uji Kekerasan Pada Heat Input 57 kj/mm dengan Kampuh *Double V*

Material Name	Vickers Hardness Number								
	Base Metal			HAZ			Weld Metal		
57 vv	128	134	133	137	137	150	152	149	148
Average	131,67			141,33			149,67		

Dari beberapa tabel hasil pengujian kekerasan di atas dapat ditransformasikan ke dalam bentuk grafik pada Gambar 4.11. Dari grafik tersebut dapat terlihat nilai kekerasan pada daerah *weld metal* yang paling tinggi ialah pada heat input 34 kj/mm dengan kampuh berbentuk *double V* dengan nilai kekerasan sebesar 192,33 HVN, hal ini sesuai dengan hasil uji tarik yang memiliki nilai *ultimate strenght* tertinggi. Nilai kekerasan pada daerah HAZ yang paling tinggi terdapat pada spesimen dengan heat input 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V* dengan nilai kekerasan sebesar 186 HVN. Dan rata-rata nilai kekerasan pada daerah *base metal* yaitu 150 HVN.

Sesuai dengan teori bahwa kekerasan pada logam induk (*base metal*), HAZ, logam las (*weld metal*) berturut-turut akan mengalami penambahan kekerasan, hal ini

juga berbanding lurus dengan hasil uji tariknya. Peningkatan kekerasan dari logam induk (*base metal*) terhadap HAZ memiliki persentase sebesar 9,4 %. Sedangkan peningkatan kekerasan dari logam induk (*base metal*) terhadap logam las (*weld metal*) memiliki persentase sebesar 15,57 %.



Gambar 4. 11 Grafik Hasil Uji Kekerasan Tiap Spesimen

4.6 Uji Metalografi

Uji metalografi terbagi menjadi dua yaitu mikro dan makro. Pada pengujian mikro kita dapat menentukan apakah material tersebut memiliki sifat yang getas ataukah ulet. Terdapat dua fasa yaitu ferit dan perlit, ferit merupakan fasa yang menggambarkan bahwa material tersebut bersifat ulet sedangkan fasa perlit memiliki sifat getas. Pada foto makro dilakukan perbesaran sebesar 7x, dan akan dapat diketahui panjang dari logam las dan HAZ.

Uji Metalografi dilakukan di laboratorium metalografi jurusan teknik mesin FTI ITS. Dilakukan sebanyak tiga penembakan lokasi meliputi logam induk (*base metal*), HAZ, dan logam las (*weld metal*). Foto mikro dilakukan perbesaran sebesar 500x. Setelah dilakukan pengujian maka foto hasil dari proses mikro tersebut akan dilakukan perhitungan *point counting* (gambar *point counting* dapat dilihat pada lampiran) dengan perhitungan sesuai dengan persamaan 2.2.

4.6.1 Hasil Foto Mikro

- a. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 25 kj/mm dan Kampuh Berbentuk *Single V*



Gambar 4. 12 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada *Heat Input* 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.12 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V* memiliki nilai ferit pada daerah logam las yaitu sebesar 60,78 % dan perlit sebesar 39,22 %.



Gambar 4. 13 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada *Heat Input* 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

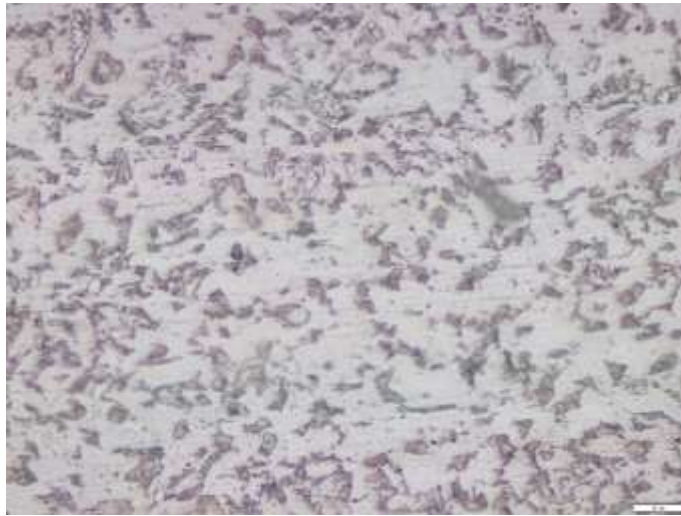
Pada Gambar 4.13 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 73,9 % dan perlit sebesar 26,1 %.



Gambar 4. 14 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada *Heat Input* 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

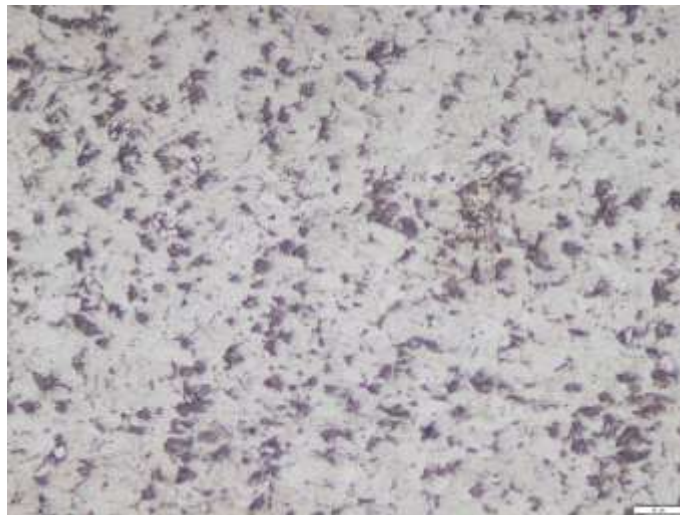
Pada Gambar 4.14 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 81,4 % dan perlit sebesar 18,6 %.

- b. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 34 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk *Single V*



Gambar 4. 15 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 69,78 % dan perlit sebesar 30,22 %.



Gambar 4. 16 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.16 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap.

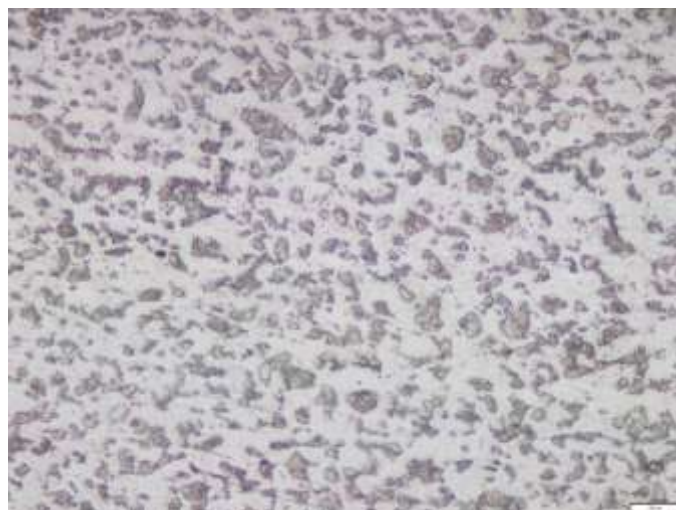
Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 87,2 % dan perlit sebesar 16,9 %.



Gambar 4. 17 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.17 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 88,9 % dan perlit sebesar 11,1 %.

c. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 57 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk *Single V*



Gambar 4. 18 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.18 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 66,78 % dan perlit sebesar 33,22 %.



Gambar 4. 19 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 80,9 % dan perlit sebesar 19,1 %.



Gambar 4. 20 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 88 % dan perlit sebesar 12 %.

d. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 25 kj/mm dan Kampuh Berbentuk U



Gambar 4. 21 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.21 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 72,33 % dan perlit sebesar 27,67 %.



Gambar 4. 22 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.22 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 87,2 % dan perlit sebesar 12,8 %.



Gambar 4. 23 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U

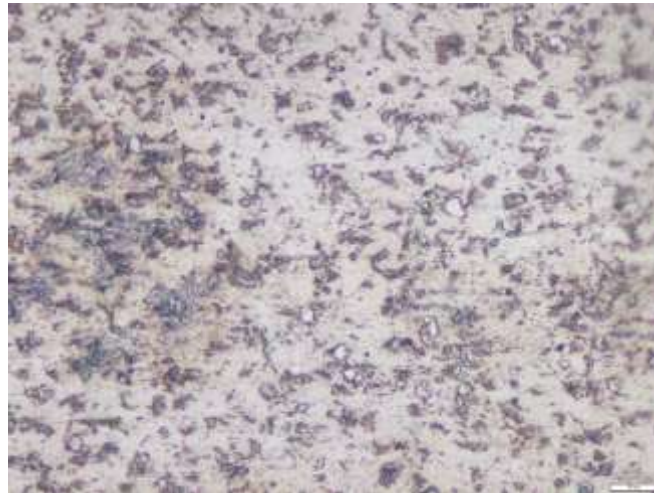
Pada Gambar 4.23 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 89,6 % dan perlit sebesar 10,4 %.

e. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 34 kj/mm dan Kampuh Berbentuk U



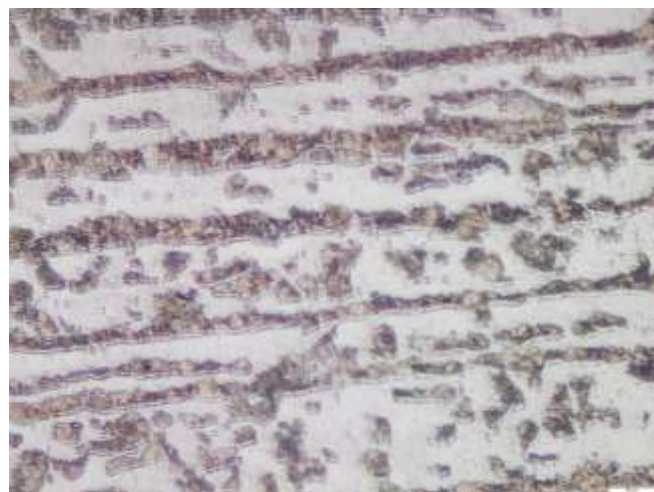
Gambar 4. 24 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.24 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 59,56 % dan perlit sebesar 50,69 %.



Gambar 4. 25 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.25 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 71,7 % dan perlit sebesar 28,3 %.



Gambar 4. 26 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

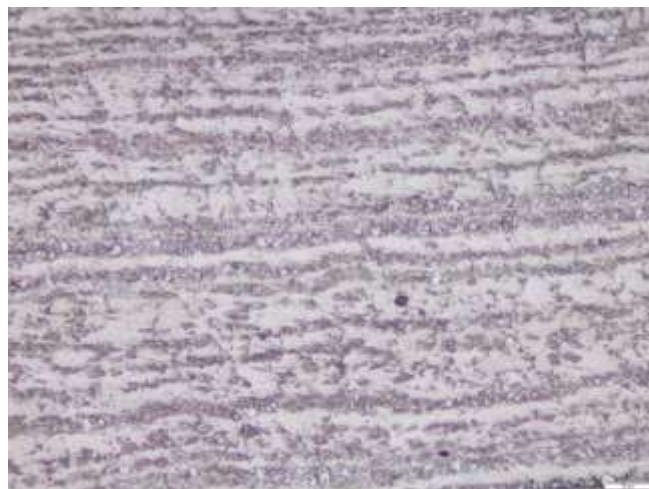
Pada Gambar 4.26 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 80,3 % dan perlit sebesar 19,7 %.

f. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 57 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk U



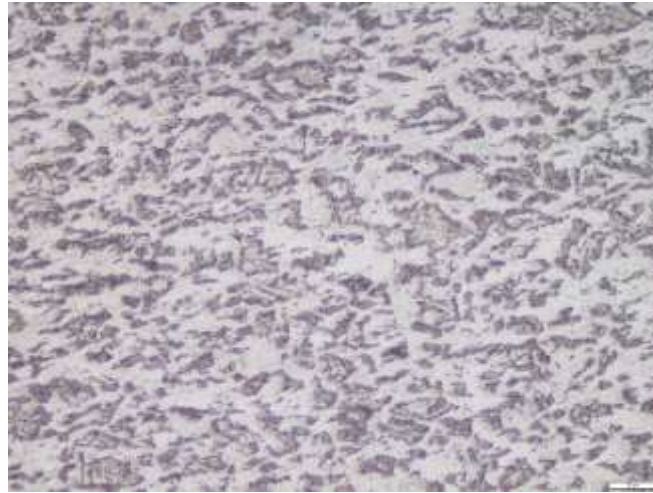
Gambar 4. 27 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.27 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 54,22 % dan perlit sebesar 45,78 %.



Gambar 4. 28 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

Pada Gambar 4.28 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 66,6 % dan perlit sebesar 33,4 %.



Gambar 4. 29 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

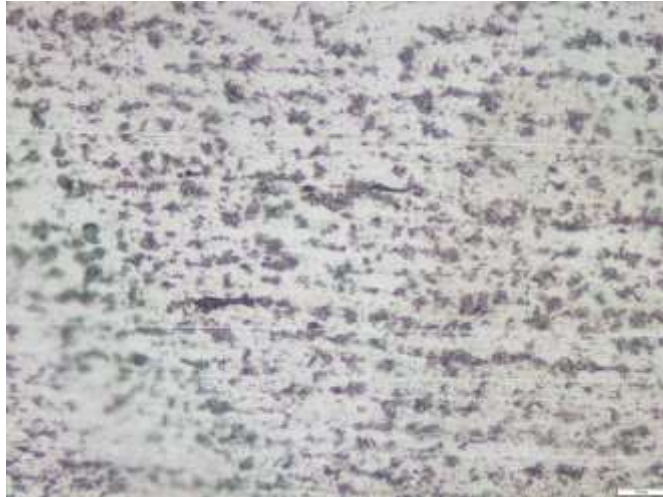
Pada Gambar 4.29 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh berbentuk U pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 67,3 % dan perlit sebesar 32,7 %.

g. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 25 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk *Double V*



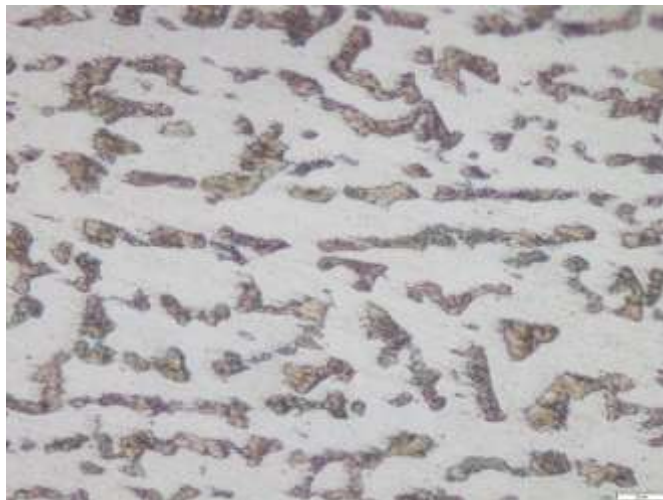
Gambar 4. 30 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk Double V

Pada Gambar 4.30 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk *double V* pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 63,34 % dan perlit sebesar 36,66 %.



Gambar 4. 31 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 25 kJ/mm dengan Kampuh Double V

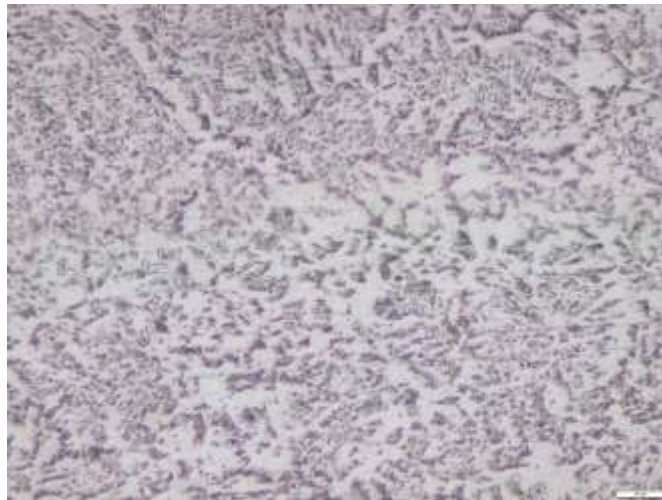
Pada Gambar 4.31 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk *double V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 74,4 % dan perlit sebesar 25,6 %.



Gambar 4. 32 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 25 kJ/mm dengan Kampuh Double V

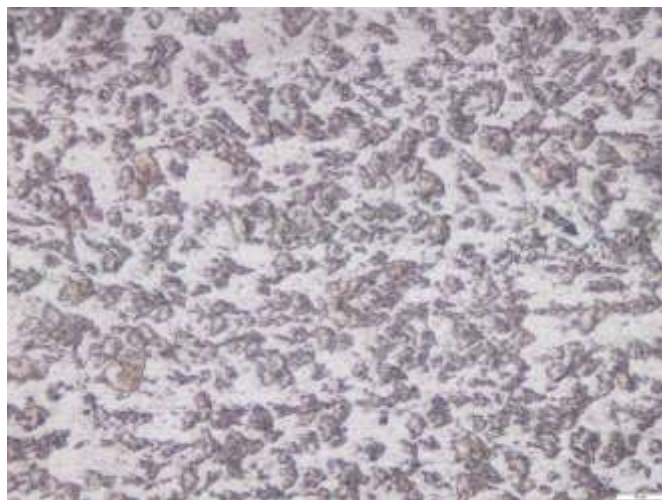
Pada Gambar 4.32 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk *double V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 86,8 % dan perlit sebesar 13,2 %.

- h. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 34 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk *Double V*



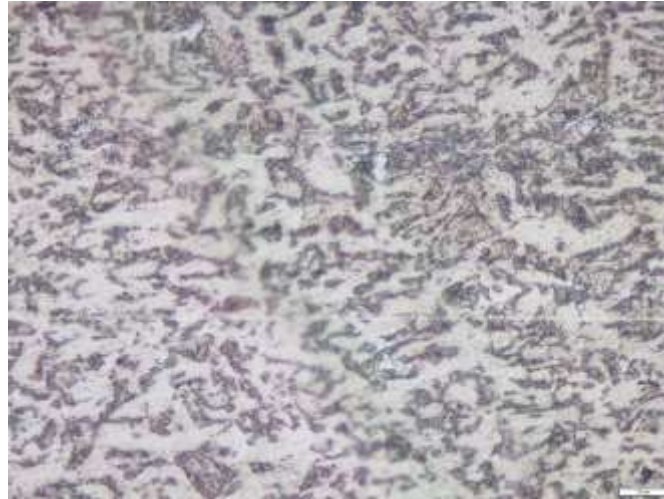
Gambar 4. 33 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Double V

Pada Gambar 4.33 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 49,31 % dan perlit sebesar 50,69 %.



Gambar 4. 34 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Double V

Pada Gambar 4.34 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 61,1 % dan perlit sebesar 38,9 %.



Gambar 4. 35 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 34 kJ/mm dengan Kampuh Double V

Pada Gambar 4.35 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 66,1 % dan perlit sebesar 33,9 %.

- i. Hasil Foto Mikro pada *Heat Input* 57 kJ/mm dan Kampuh Berbentuk *Double V*



Gambar 4. 36 Foto Mikro pada Daerah Logam Las pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Double V

Pada Gambar 4.36 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah logam las memiliki nilai ferit yaitu sebesar 68,6 % dan perlit sebesar 31,4 %.



Gambar 4. 37 Foto Mikro pada Daerah HAZ pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Double V

Pada Gambar 4.37 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah HAZ memiliki nilai ferit yaitu sebesar 81,5 % dan perlit sebesar 18,5 %.



Gambar 4. 38 Foto Mikro pada Daerah Logam Induk pada Heat Input 57 kJ/mm dengan Kampuh Double V

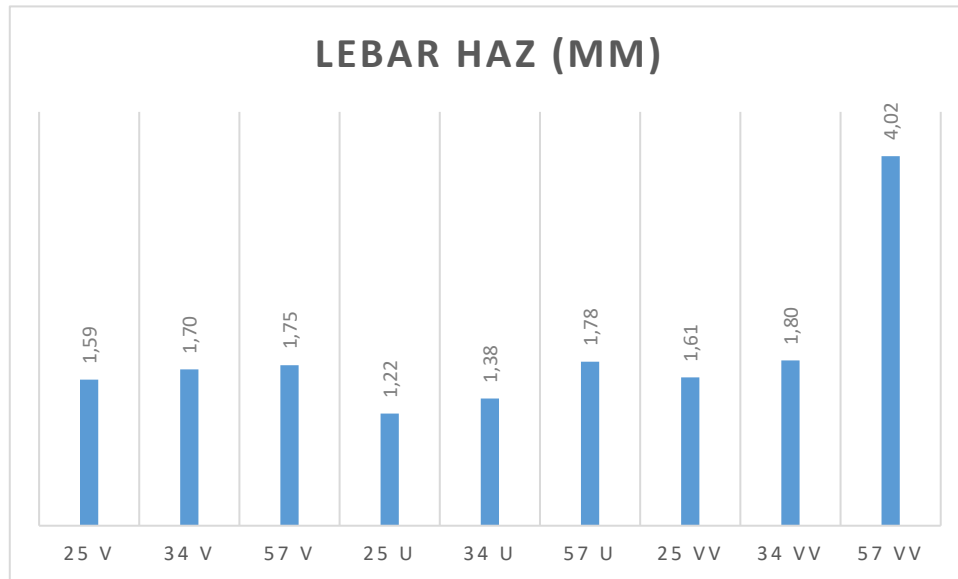
Pada Gambar 4.38 dapat dilihat struktur mikro terdiri fasa ferit dan perlit. Fasa ferit memiliki warna yang terang sedangkan fasa perlit memiliki warna yang gelap. Pada spesimen dengan *heat input* sebesar 57 kJ/mm dan kampuh *double V* pada daerah logam induk memiliki nilai ferit yaitu sebesar 88,4 % dan perlit sebesar 11,6 %.

4.6.2 Hasil Foto Makro



Gambar 4. 39 Foto Makro pada *Heat Input* 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

Gambar diatas merupakan salah satu contoh foto makro pada penelitian ini. Dapat dilihat dalam foto makro spesimen 1 yaitu pengelasan terhadap baja A 36 dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V*, dapat diketahui bentuk kampuh dan daerah HAZ nya, dengan adanya foto makro ini maka dapat diketahui panjang dari daerah HAZ. Pada variasi pengelasan lainnya dapat dilihat pada lampiran. Pada pengelasan semakin besar nilai *heat input* maka semakin lebar pula daerah HAZ yang tercipta, hal ini sesuai dengan hasil analisis pada Gambar 4.40.



Gambar 4. 40 Grafik Lebar HAZ Setiap Spesimen

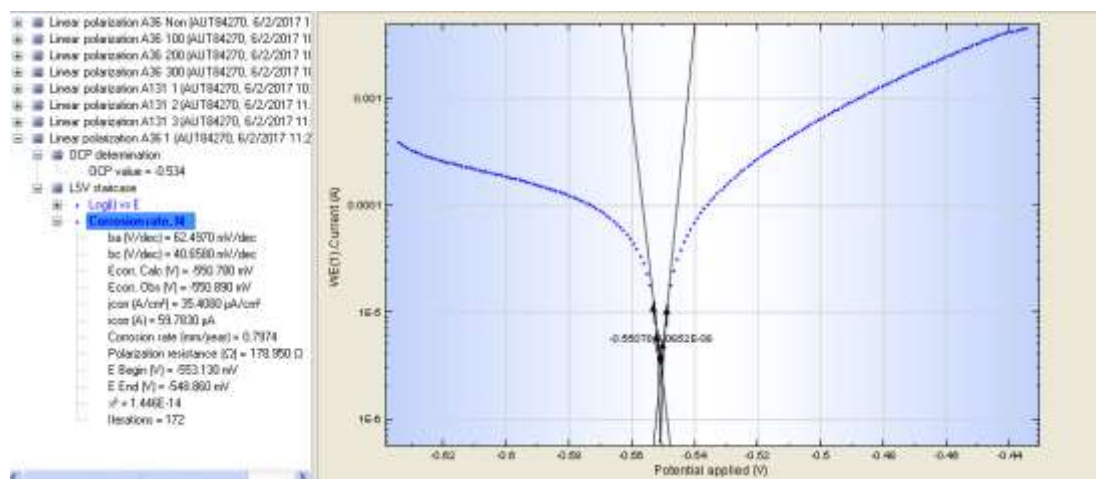
Dengan,

- Spesimen 25 v adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- Spesimen 34 v adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- Spesimen 57 v adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- Spesimen 25 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- Spesimen 34 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- Spesimen 57 u adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- Spesimen 25 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- Spesimen 34 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- Spesimen 57 vv adalah pengelasan dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*

4.7 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi berfungsi untuk mengetahui seberapa cepat material tersebut mengalami korosi. Uji korosi dilakukan di Laboratorium Elektrokimia dan Korosi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dengan menggunakan software NOVA, maka software ini akan menunjukkan laju korosi dari material tersebut. Data-data yang diperlukan dalam analisis ini yaitu meliputi massa jenis material, equivalent weight, dan luas permukaan yang terendam. Dari pengujian selama 15 menit maka akan didapatkan diagram tafel yaitu diagram yang menunjukkan potensial (sumbu x) dan kerapatan arus (sumbu y), diagram tafel akan membentuk titik-titik yang sesuai dengan potensial serta kerapatan arus pada spesimen. Setelah itu ditarik dua garis lurus hingga bersilangan.

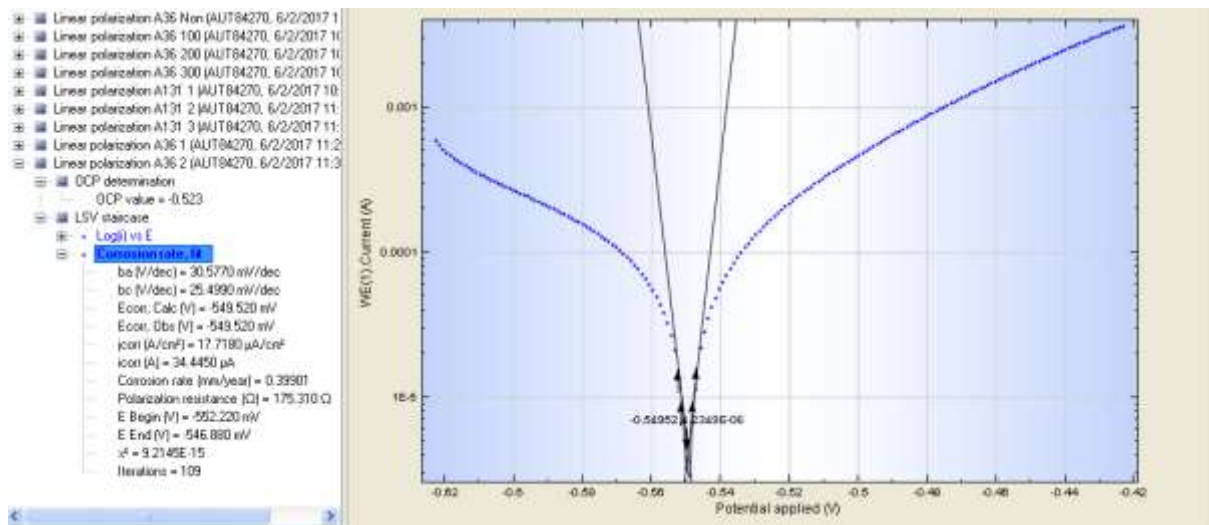
- a. Hasil Uji Korosi Pada Heat Input 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk Single V



Gambar 4. 41 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh Single V

Dari Gambar 4.41 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,55 V, I_{corr} sebesar 35,4 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,7974 mm/year.

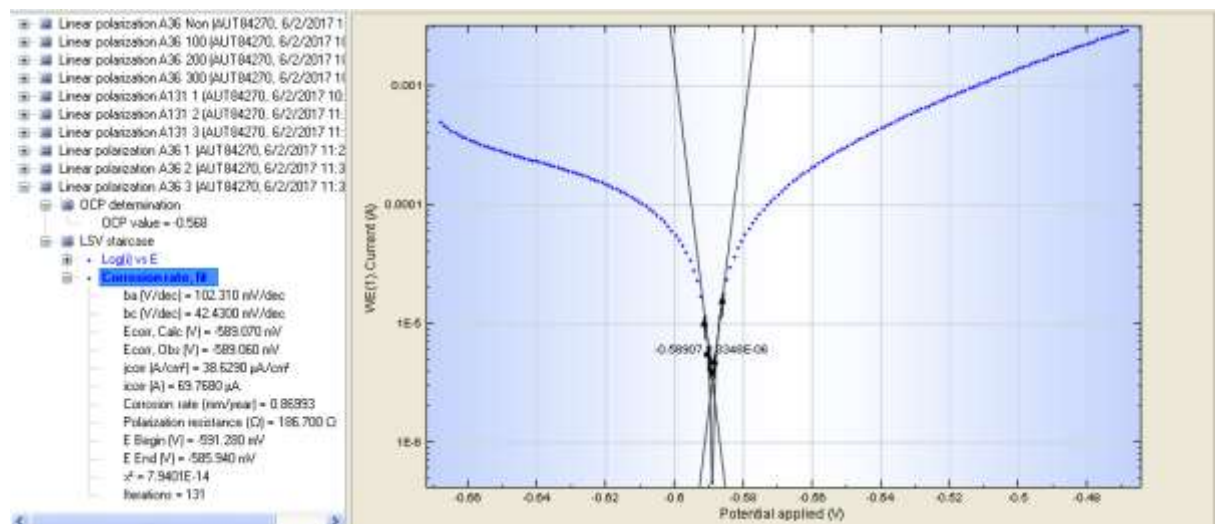
b. Hasil Uji Korosi Pada Heat Input 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk Single V



Gambar 4. 42 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh Single V

Dari Gambar 4.42 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E corr sebesar -0,549 V, I corr sebesar 17,7 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,39901 mm/year.

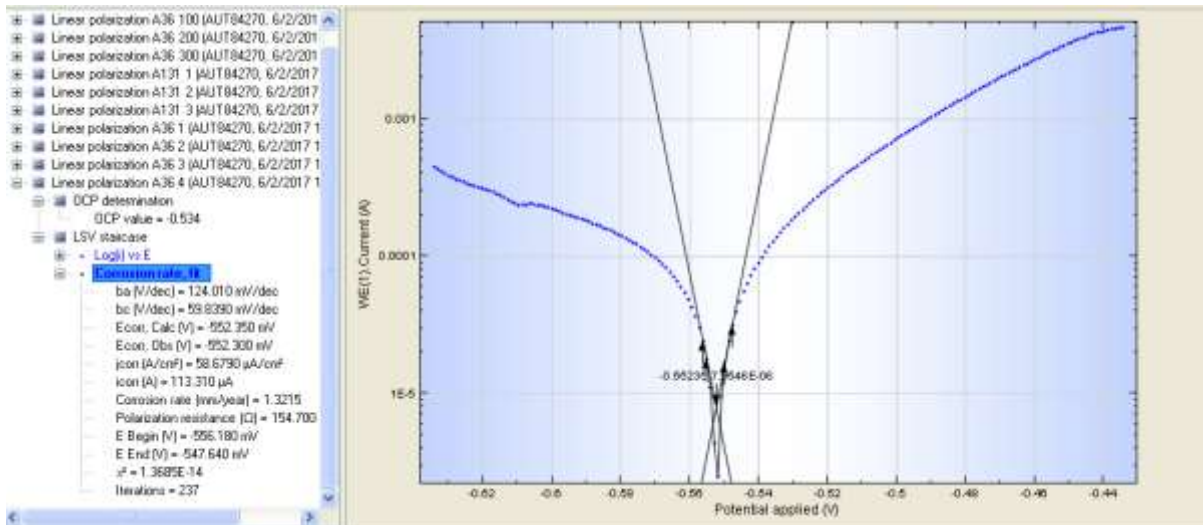
c. Hasil Uji Korosi Pada Heat Input 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk Single V



Gambar 4. 43 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh Single V

Dari Gambar 4.43 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E corr sebesar -0,589 V, I corr sebesar 38,62 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,86993 mm/year.

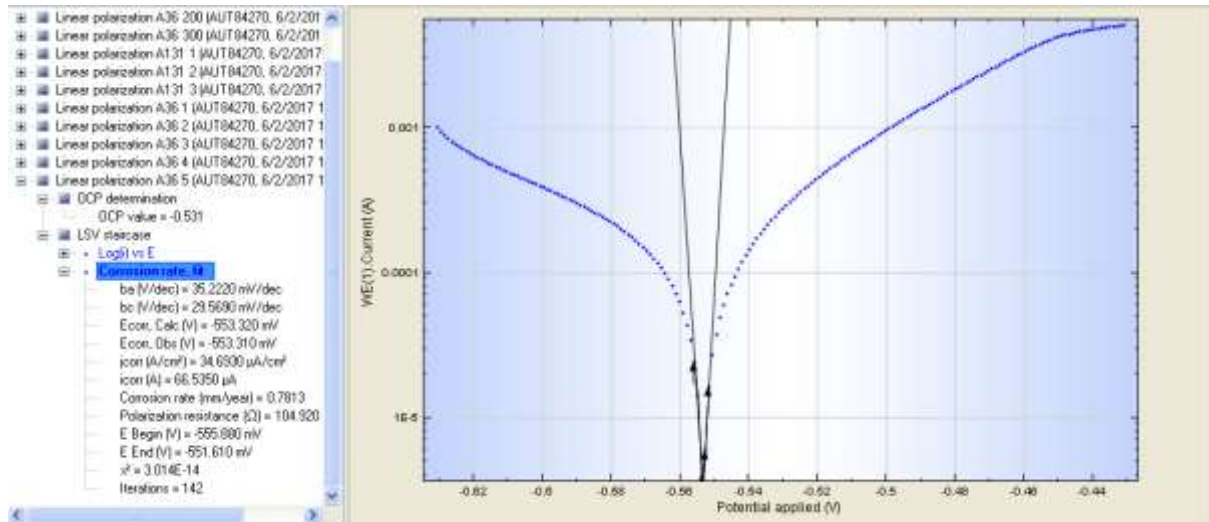
d. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



Gambar 4. 44 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh U

Dari Gambar 4.44 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,552 V, I_{corr} sebesar 58,67 A/cm² dan laju korosi sebesar 1,3215 mm/year.

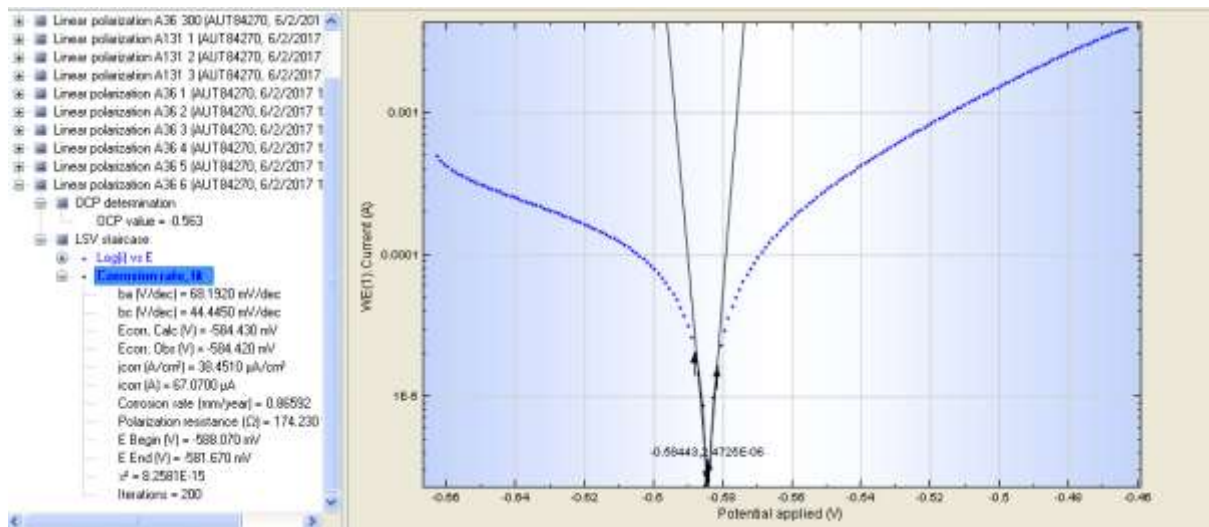
e. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



Gambar 4. 45 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh U

Dari Gambar 4.45 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,553 V, I_{corr} sebesar 34,69 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,7813 mm/year.

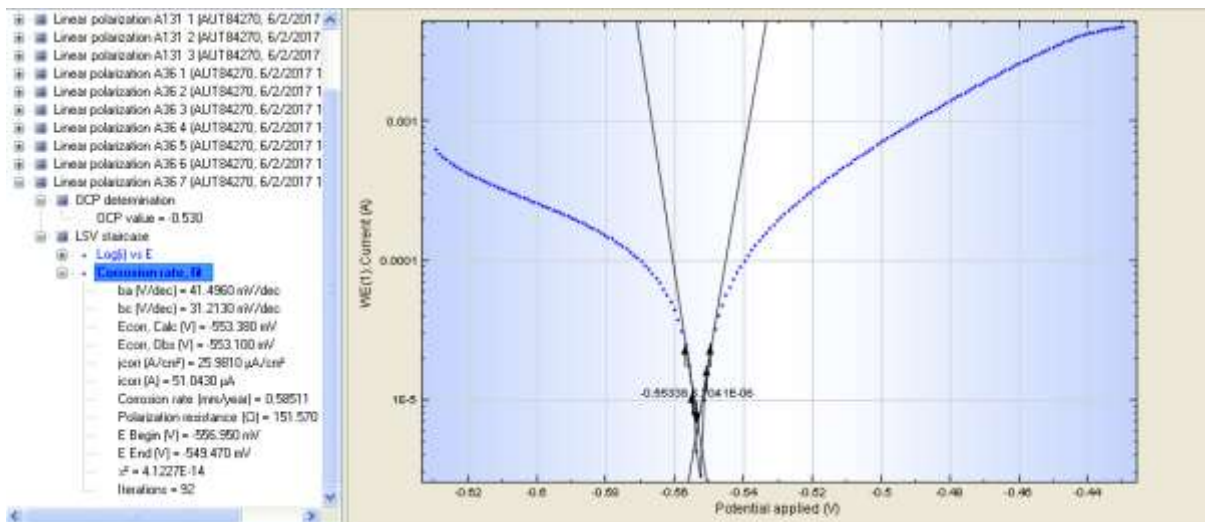
f. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



Gambar 4. 46 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh U

Dari Gambar 4.46 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,584 V, I_{corr} sebesar 38,451 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,86592 mm/year.

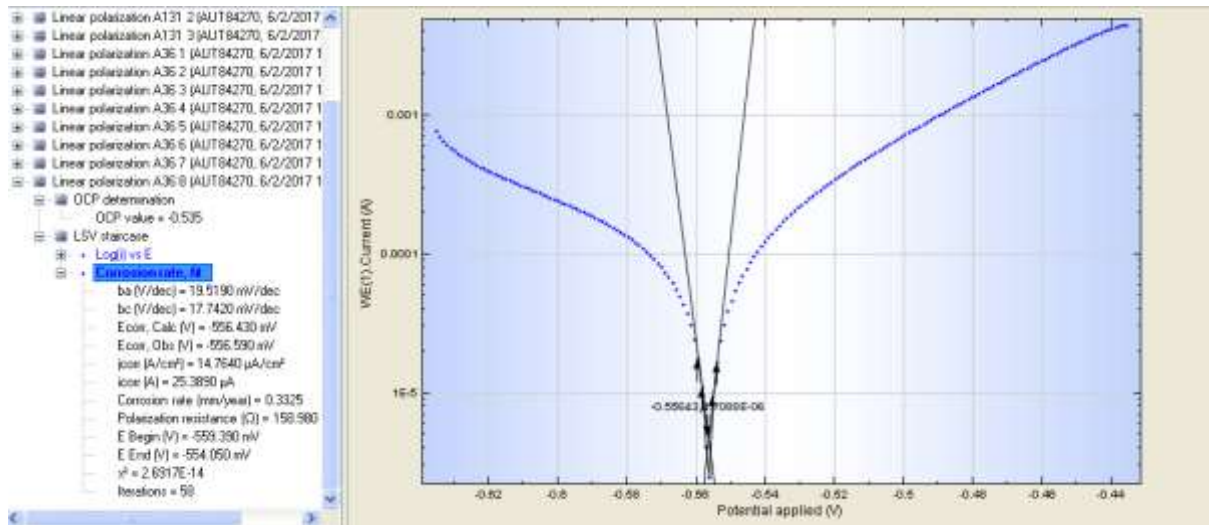
g. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk Double V



Gambar 4. 47 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 25 kj/mm dengan Bentuk Kampuh Double V

Dari Gambar 4.47 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,553 V, I_{corr} sebesar 25,981 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,58511 mm/year.

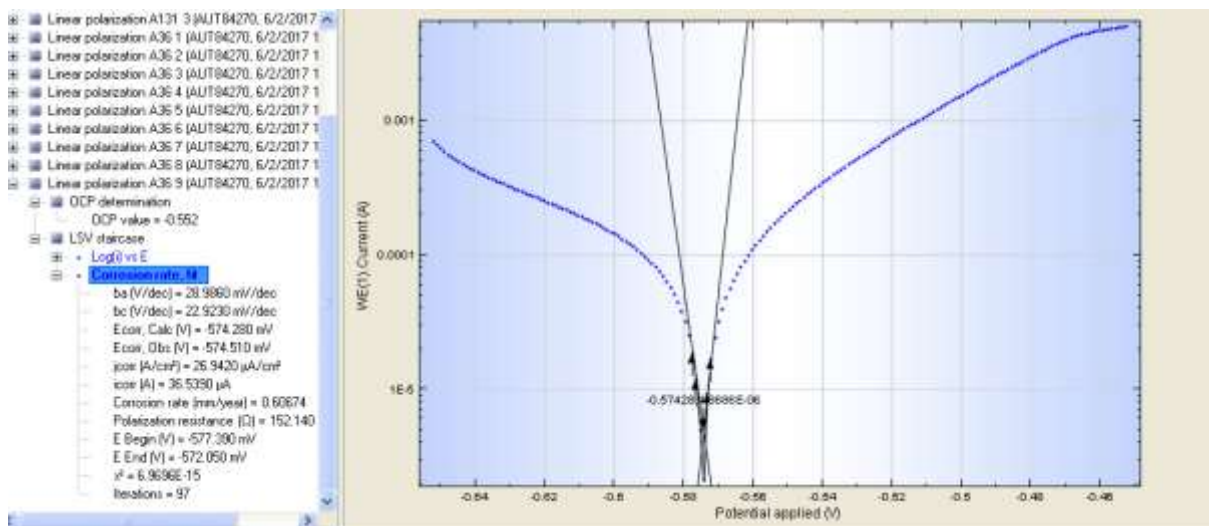
h. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Double V*



Gambar 4. 48 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 34 kj/mm dengan Bentuk Kampuh *Double V*

Dari Gambar 4.48 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E_{corr} sebesar -0,556 V, I_{corr} sebesar 14,764 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,3325 mm/year.

i. Hasil Uji Korosi Pada *Heat Input* 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Double V*



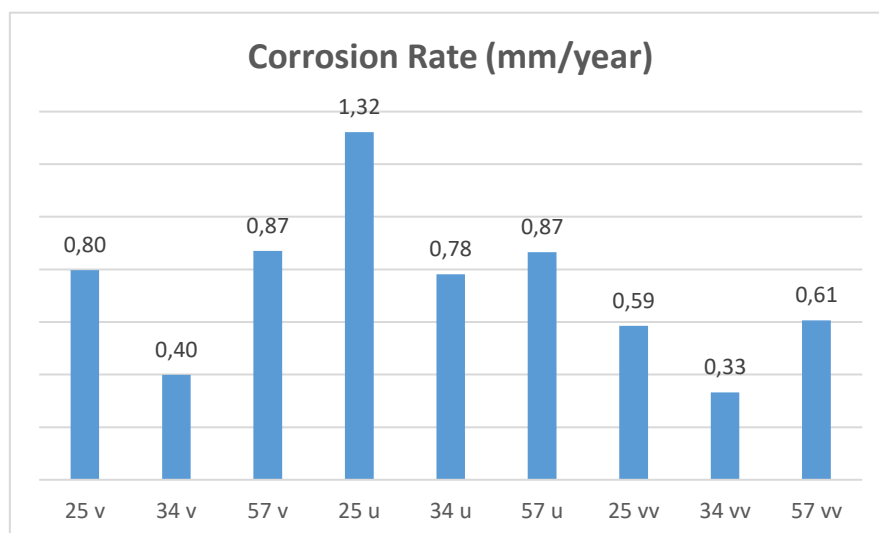
Gambar 4. 49 Diagram Tafel Pada Heat Input Sebesar 57 kj/mm dengan Bentuk Kampuh *Double V*

Dari Gambar 4.49 dapat dilihat bahwa spesimen tersebut memiliki E corr sebesar -0,574 V, I corr sebesar 26,942 A/cm² dan laju korosi sebesar 0,60674 mm/year.

Tabel 4. 13 Laju Koosi Pada Setiap Spesimen

Spesimen	E corr	I corr	Corrosion Rate
25 v	-0,55	35,4	0,7974
34 v	-0,549	17,7	0,39901
57 v	-0,589	38,62	0,86993
25 u	-0,552	58,67	1,3215
34 u	-0,553	34,69	0,7813
57 u	-0,584	38,451	0,86592
25 vv	-0,553	25,981	0,58511
34 vv	-0,556	14,764	0,3325
57 vv	-0,574	26,942	0,60674

Dari tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa spesimen yang memiliki ketahanan korosi paling tinggi adalah pada spesimen 8 yaitu spesimen dengan *heat input* sebesar 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk *double V* dengan nilai laju korosi sebesar 0.3325 mm/year. Dan spesimen yang memiliki ketahanan korosi paling rendah adalah pada spesimen 4 yaitu spesimen dengan *heat input* sebesar 25 kJ/mm dan kampuh berbentuk U dengan nilai laju korosi sebesar 1,3215 mm/year.



Gambar 4. 50 Grafik Laju Korosi

Dari gambar di atas terlihat bahwa *heat input* sebesar 34 kJ/mm selalu memiliki laju korosi yang baik dibanding *heat input* lainnya pada masing-masing bentuk

kampuh. Pada Kampuh single V *heat input* 34 kj/mm lebih baik dari pada *heat input* yang lain, Pada Kampuh single U *heat input* 34 kj/mm lebih baik dari pada *heat input* yang lain, begitu juga pada kampuh *double V*.

Dengan,

- a) Spesimen 25 v dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- b) Spesimen 34 v dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- c) Spesimen 57 v dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *single V*
- d) Spesimen 25 u dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- e) Spesimen 34 u dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- f) Spesimen 57 u dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk U
- g) Spesimen 25 vv dengan *heat input* sebesar 25 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- h) Spesimen 34 vv dengan *heat input* sebesar 34 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*
- i) Spesimen 57 vv dengan *heat input* sebesar 57 kj/mm dan kampuh berbentuk *double V*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian tugas akhir ini tentang pengelasan SMAW terhadap material baja ASTM A 36 dengan variasi heat input dan bentuk kampuh dengan menitik beratkan sifat mekanis dan ketahanan korosi di lingkungan laut dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Pada uji tarik dilakukan pengujian 2 spesimen di tiap variasi nya. *Heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki *ultimate strenght* tertinggi yaitu 527,48 Mpa. Sedangkan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk U menjadi variasi yang memiliki *ultimate strenght* terendah yaitu 474,2 Mpa. *Heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *single V* menjadi variasi yang memiliki *yield strenght* tertinggi yaitu 405,97 Mpa. Sedangkan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki *yield strenght* terendah yaitu 362,56 Mpa.
- Uji *Vickers Hardness* dilakukan penembakan 3 titik pada masing-masing daerah, daerah tersebut meliputi logam induk (*base metal*), HAZ, logam las (*weld metal*). Kekerasan pada logam induk memiliki nilai yang tidak jauh berbeda pada tiap variasi nya dengan rata-rata 150,7 HVN. *Heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi spesimen yang terkeras dengan nilai kekerasan pada logam las sebesar 192,33 HVN, hal ini sebanding lurus dengan nilai *ultimate strenght* yang tinggi pula. Sedangkan *heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki nilai kekerasan pada daerah logam las dan HAZ terendah yaitu 149,67 HVN dan 141,33 HVN.
- Hasil pengujian metalografi berupa foto mikro menampilkan hasil dan proses pengelasan, seperti pada daerah logam induk, HAZ, dan logam las. Sesuai dengan nilai dari uji kekerasan dan uji tarik, spesimen dengan *heat inout* 34 kJ/mm dan kampuh berbentuk *double V* memiliki presentase perlit yang paling tinggi yaitu 50,69 %. Dari hasil foto makro maka akan dapat diketahui pelebaran pada daerah HAZ. *Heat input* 57 kJ/mm dengan kampuh berbentuk

double V menjadi variasi yang memiliki pelebaran daerah HAZ yang terbesar yaitu 4,02 mm. Sedangkan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk U menjadi variasi yang memiliki pelebaran HAZ yang terkecil yaitu 1,22 mm.

- Pengujian laju korosi dengan menggunakan metode polarisasi sel tiga elektroda menunjukkan bahwa *heat input* 34 kJ/mm dengan kampuh berbentuk *double V* menjadi variasi yang memiliki laju korosi terendah yaitu 0,3325 mm/year. Sedangkan *heat input* 25 kJ/mm dengan kampuh berbentuk U menjadi variasi yang memiliki nilai laju korosi tertinggi yaitu 1,3215 mm/year.

5.2 Saran

Terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran yang sifatnya membangun penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Proses *pre heat* dan *post heat* pada pengelasan baja merupakan salah satu hal yang penting dalam proses pengelasan, namun dalam penelitian ini tidak dilakukan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi *post heat* dan *pre heat* yang optimal.
- Pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan variasi dari sudut kampuh *double V* guna mengetahui pengaruh kekuatan mekanik dan laju korosinya.
- Analisa pengujian impact dapat ditambahkan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSATAKA


- Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- ASME section IX. 2002. “*Qualification Standard For Welding, Brazing, And Fusing Procedures; Welders, Brazers, And Welding, Brazing, And Fusing Operators*”.
- ASTM A36 Steel Bar. *Material Data – ASTM A36*. *amet-me.mnsu.edu*.
- ASTM E92. 2004. *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. Washington: ASTM Publishing.
- ASTM DI 141-90, 1990. *Standard specification for substitute ocean water*. *ASTM Standards for Corrosion Testing of Metals*. ASTM., Filadelfia.
- ASTM E3-01. 2002. *Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*. Washington: ASTM Publishing.
- AWS section D1.1. 2002. *Structural Welding Code - Steel*. Florida: American Welding Society.
- Chamberlain, Trethewey, KR. 1991. *Korosi-Untuk mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: PT Gramedia PustakaUtama.
- Chamberlain, J., Tretheway, KR 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Damay, P. 2016. *Analisa Perbandingan Laju Korosi di Lingkungan Laut Dari Hasil Pengelasan GMAW Pada Sambungan Aluminium Seri 5050 Karena Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Katsas, S., Nikolaou, J., Papadimitriou, G. 2005. “Microstructural changes accompanying repair weling in 5xxx alumunium alloys and their effect on the mechanical properties”. *Materials and Design* 27 (2006) 968-975
- Khotasa, S.M. 2016. *Analisa Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint pada Pelat Baja A36*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Safira, A. 2016. *Studi Perbandingan Proses Pengelasan SMAW pada Lingkungan Darat dan Underwater terhadap Ketahanan Uji Bending Weld Joint Material Baja A36*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Suprijanto, D. 2013. “Pengaruh Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Bending Las Sudut SMAW Posisi Mendatar pada Baja Karbon Rendah”. *Seminar Nasional ke8-Tahun 2013 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*.
- Pratikno, H. 2006. “Pengaruh Bentuk Groove Terhadap Korosi Pitting pada Girth Weld Material Cladding untuk Pipa Offshore”. *Jurnal Teknik Mesin, Volume 6, Nomor 1*, Januari 2006, hal 28.
- William, L. 2006. *Welding Essentials : Questions & Answers Second Edition*. Orange Coast College Costa Mesa, California Industrial Press Inc.
- Wiryosumarto, H., dan Okumora. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.

LAMPIRAN

A. Welding Procedure Specification (WPS)

A.1. Welding Procedure Specification (WPS) pada Kampuh *Single V*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM WELDING CENTER
 Jl. Teknik Kirsia - Kampus ITS Sukotilo Surabaya 60111
 Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
 www.ppns.ac.id

Name : ROBBY NUR FRIDAYAN

Welding Procedure : No. 1 - 3 **Date**, 20 MARET 2017

Welding Process(es) : SMAW

Joints Design (QW-402) : Butt Joint

Groove : Single V

Base Metals (QW-403) : A 36 / t:10 mm

Filler Metal : E 7018

Positins (QW-405) : 1G

GAS (es) : - **Flow Rate** : -

Technique (QW-410) : String or Weave

Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	72 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	68 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	68 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	75 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	80 detik

Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	65 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	60 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	67 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	64 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	72 detik

Weld Layer	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	47 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	52 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	53 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	47 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	43 detik
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	42 detik

A.2 Welding Procedure Specification (WPS) pada Kampuh U



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM WELDING CENTER
Jl. Teknik Kimia - Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
www.ppns.ac.id

Name : **ROBBY NUR FRIDAYAN**
Welding Procedure : **No. 1 - 3 Date, 20 MARET 2017**
Welding Process(es) : **SMAW**
Joints Design (QW-402) : **Butt Joint**
Groove : **U Groove**
Base Metals (QW-403) : **A 36 / t:10 mm**
Filler Metal : **E 7018**
Positins (QW-405) : **1G**
GAS (es) : **- Flow Rate : -**
Technique (QW-410) : **String or Weave**

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	65 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	68 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	74 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	78 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	62 detik

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	66 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	62 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	69 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	72 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	69 detik

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	54 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	50 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	55 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	48 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	42 detik
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	50 detik

A.3 Welding Procedure Specification (WPS) pada Kampuh *Double V*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
LABORATORIUM WELDING CENTER
Jl. Teknik Kimia - Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5947186 Fax. 031-5925524
www.ppns.ac.id

Name : ROBBY NUR FRIDAYAN
Welding Procedure : No. 1 - 3 Date, 20 MARET 2017
Welding Process(es) : SMAW
Joints Design (QW-402) : Butt Joint
Groove : Double Ve
Base Metals (QW-403) : A 36 / t:10 mm
Filler Metal : E 7018
Positins (QW-405) : 1G
GAS (es) : - Flow Rate : -
Technique (QW-410) : String or Weave

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	75 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	71 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	64 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	82 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	80	20 - 26	68 detik

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	70 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	62 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	68 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	75 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	100	20 - 26	70 detik

Wel Layer	Process	Filler Metal		Curretn		Volt Range	Trevel speed
		Class	Dia	Polarity	Ampere		
1	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	46 detik
2	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	44 detik
3	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	52 detik
4	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	49 detik
5	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	49 detik
6	SMAW	E 7018	3,2	DCRP	120	20 - 26	50 detik

B. Hasil Pengelasan

B.1 Hasil Pengelasan pada Kampuh U

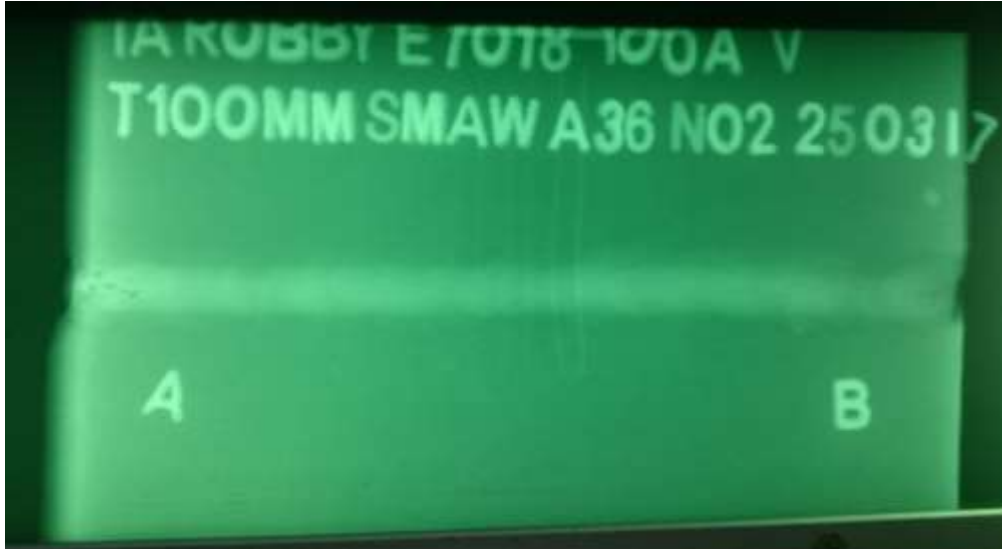


B.2 Hasil Pengelasan pada Kampuh Double V

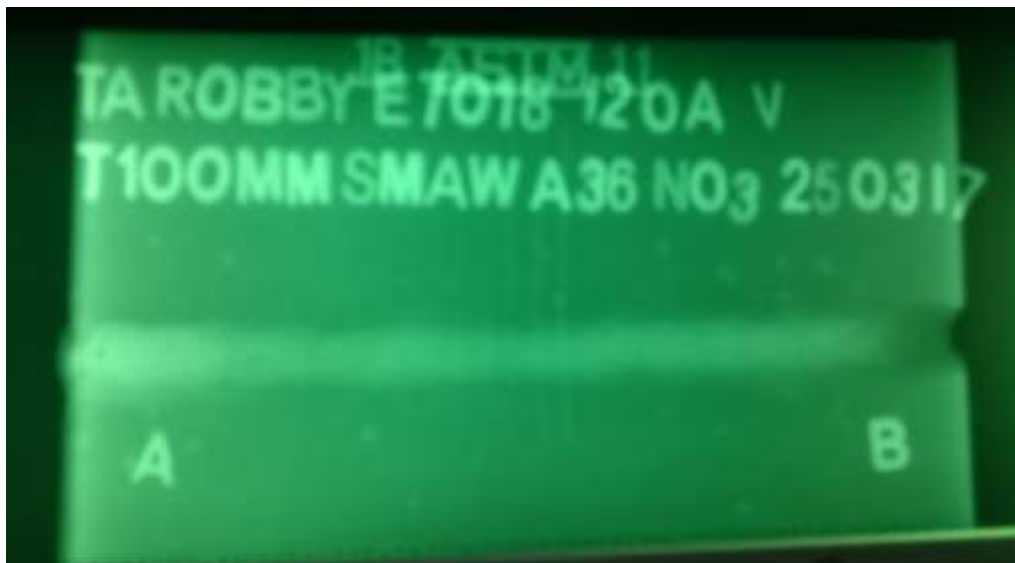


C. Hasil Uji NDT *Radiography*

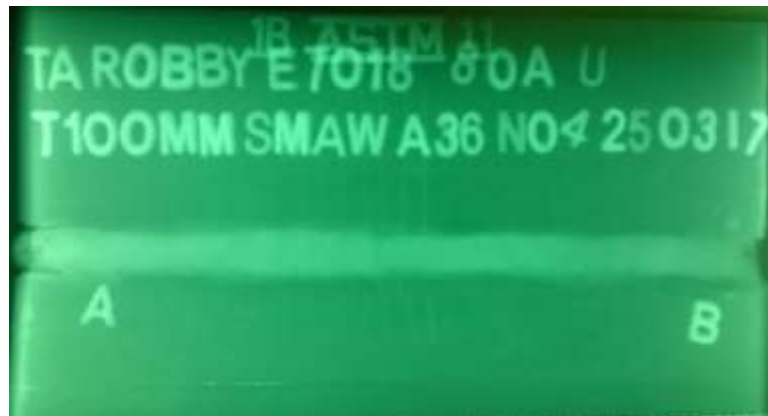
C.1 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*



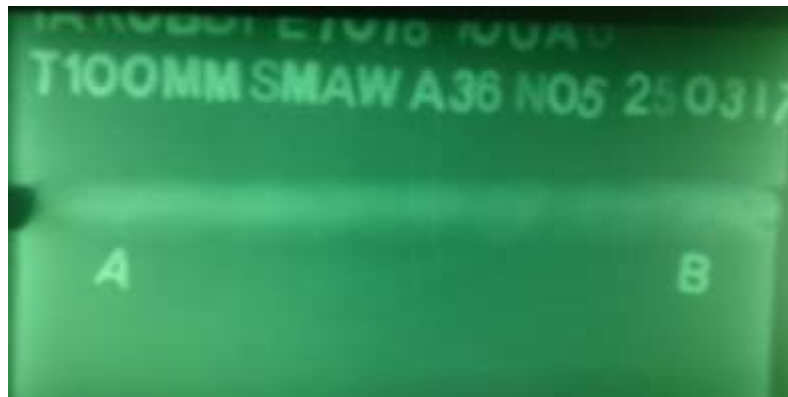
C.2 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*



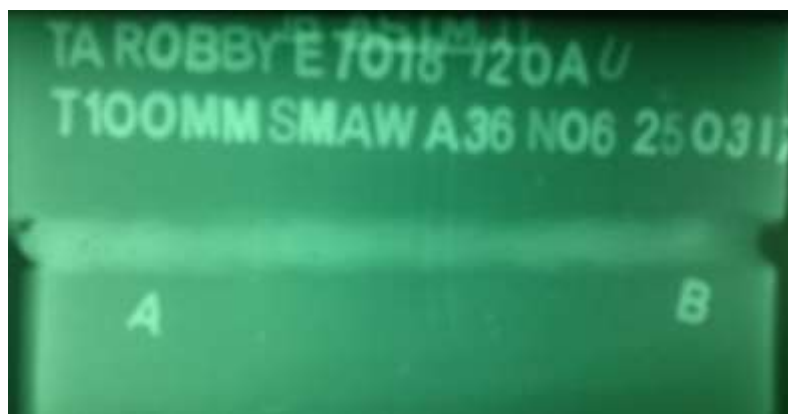
C.3 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



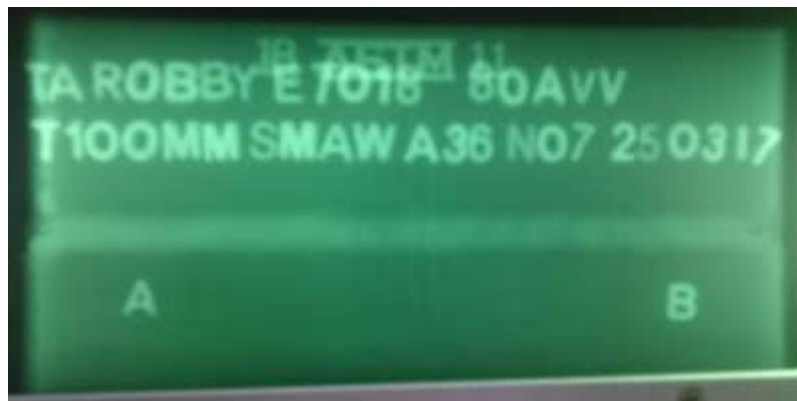
C.4 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 34 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



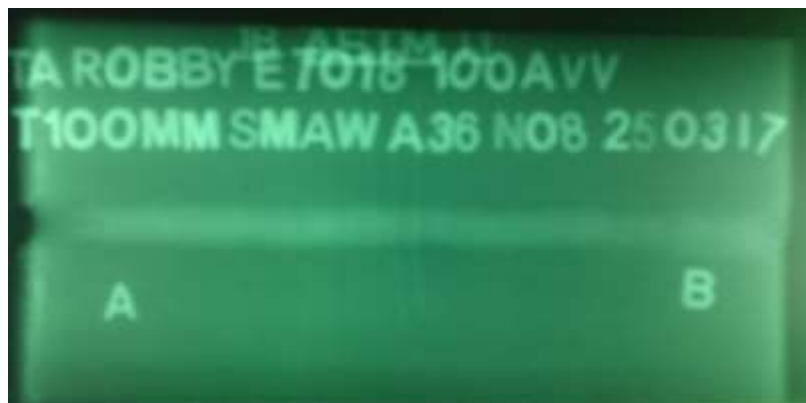
C.5 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk U



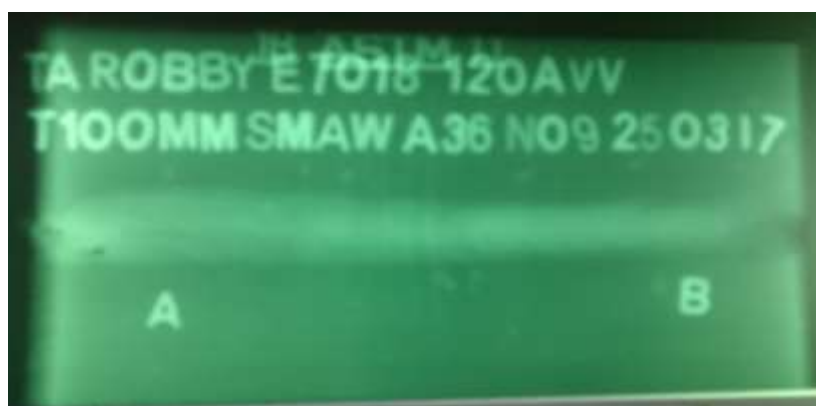
C.6 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 25 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Double V*



C.7 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Double V*



C.8 Hasil Uji NDT *Radiography* pada *Heat Input* 57 kj/mm dengan Kampuh Berbentuk *Double V*



D. Perhitungan Heat Input

- Perhitungan *Heat Input* pada Arus 80 A

Dengan rata-rata tegangan pengelasan sebesar 23 V dan rata-rata kecepatan pengelasan sebesar 71,33 s maka dapat di hitung heat input sebagai berikut:

$$HI (Heat Input) = \frac{\text{Tegangan Pengelasan (E)} \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kcepatan Pengelasan (v)}}$$

$$HI (Heat Input) = \frac{23 \times 80}{71,33}$$

$$HI (Heat Input) = 25 \text{ kj/mm}$$

- Perhitungan *Heat Input* pada Arus 100 A

Dengan rata-rata tegangan pengelasan sebesar 23 V dan rata-rata kecepatan pengelasan sebesar 67,4 s maka dapat di hitung heat input sebagai berikut:

$$HI (Heat Input) = \frac{\text{Tegangan Pengelasan (E)} \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kcepatan Pengelasan (v)}}$$

$$HI (Heat Input) = \frac{23 \times 100}{67,4}$$

$$HI (Heat Input) = 34 \text{ kj/mm}$$

- Perhitungan *Heat Input* pada Arus 120 A

Dengan rata-rata tegangan pengelasan sebesar 23 V dan rata-rata kecepatan pengelasan sebesar 48,4 s maka dapat di hitung heat input sebagai berikut:

$$HI (Heat Input) = \frac{\text{Tegangan Pengelasan (E)} \times \text{Arus Pengelasan (I)}}{\text{Kcepatan Pengelasan (v)}}$$

$$HI (Heat Input) = \frac{23 \times 120}{48,4}$$

$$HI (Heat Input) = 57 \text{ kj/mm}$$

E. Data Uji Tarik

E.1 Spesimen Uji Tarik



E.2 Spesimen Uji Tarik Setelah Pengujian



E.3 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS *
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 1
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION				TENSILE TEST RESULTS			
		WIDTH	THICK	C.S.A	F _y	F _u	YIELD STRENGTH	TENSILE STRENGTH	BREAKING
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(KN)	(KN)	(MPa)	(MPa)	
1.1	Good	18.87	9.81	185.11	73.5	92.5	397.05	499.69	Base Metal
1.2	Good	18.20	9.80	178.36	74	92.5	414.89	518.61	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systems, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Nur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.4 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 2
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH	THICK.	C.S.A	Fy	Fu	YIELD STRENGTH	TENSILE STRENGTH	BREAKING
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(KN)	(KN)	(MPa)	(MPa)	
2.1	Good	19.15	10.30	197.25	71.0	93.7	359.96	475.04	Base Metal
2.2	Good	19.20	10.10	193.92	72	93.7	371.29	483.19	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Tjatur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.5 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk *Single V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 3
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION				TENSILE TEST RESULTS			
		WIDTH (mm)	THICK (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (KN)	F _u (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
3.1	Good	19.70	9.60	193.06	74.0	96.8	383.30	501.40	Base Metal
3.2	Good	18.90	9.93	187.68	66	91.6	351.67	488.07	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction



Dikik Ratur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.6 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 25 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 4
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION				TENSILE TEST RESULTS			
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (KN)	F _u (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
4.1	Good	19.90	10.30	204.97	75.0	96.0	365.91	468.36	Base Metal
4.2	Good	19.53	10.40	203.11	74	97.5	364.33	480.03	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Natur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.7 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 34 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 5
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	Fy (KN)	Fu (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
5.1	Good	19.60	9.80	192.08	71.8	97.5	373.80	507.60	Base Metal
5.2	Good	19.80	9.83	194.63	74	99.8	380.20	512.76	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Hatur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.8 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 57 kJ/mm dengan Kampuh Berbentuk U

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 6
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH	THICK.	C.S.A	F _y	F _u	YIELD STRENGTH	TENSILE STRENGTH	BREAKING
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(KN)	(KN)	(MPa)	(MPa)	
6.1	Good	19.60	9.80	192.08	73.0	99.7	380.05	519.05	Base Metal
6.2	Good	19.70	9.98	196.61	71	99.8	361.13	507.61	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Triatno Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.9 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 25 kJ/mm dengan Kampuh *Double V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 7
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION					TENSILE TEST RESULTS		
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (KN)	F _u (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
7.1	Good	18.60	9.70	180.42	70.0	92.0	387.98	509.92	Base Metal
7.2	Good	19.70	9.60	189.12	71	9.6	375.42	50.76	Base Metal
Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.									

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
Ships Strength and Construction



Didik Jatur Irianto
NIP. 19620115 198103 1 001

E.10 Hasil Pengujian Tarik *Heat input* 34 kJ/mm dengan Kampuh *Double V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 8
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION				TENSILE TEST RESULTS			
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (KN)	F _u (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
8.1	Good	19.12	9.70	185.46	71.0	98.9	382.82	533.26	Base Metal
8.2	Good	19.80	9.70	192.06	73	100.2	377.49	521.71	Base Metal

Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction



Didik Yatur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

E.11 Hasil Pengujian Tarik *Heat input 57 kJ/mm* dengan Kampuh *Double V*

DATE : 6 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sect. IX
 PQRNO. : 9
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 TEST POSITION : 1G
 WELDER NAME : Rachmad

TENSILE TEST									
TEST PIECE CODE	VISUAL	SAMPLE SPECIFICATION				TENSILE TEST RESULTS			
		WIDTH (mm)	THICK. (mm)	C.S.A (mm ²)	F _y (KN)	F _u (KN)	YIELD STRENGTH (MPa)	TENSILE STRENGTH (MPa)	BREAKING
9.1	Good	19.70	10.10	198.97	73.0	96.0	366.89	482.48	Base Metal
9.2	Good	19.90	10.10	200.99	72	99.6	358.23	495.55	Base Metal
Equipment: Universal Testing Machine "MFL Systeme, UPD-20", 200 kN capacity.									

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Triatno Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F. Data Uji *Hardness Vickers*

F.1 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input 25 kJ/mm* dengan Kampuh *Single V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 1
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST												
Location	Vickers Hardness Number (HV, 10)											
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			H A Z		Base Metal
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	162	160	161	168	177	169	176	183	175			
Average	161.0			171.3			178.0					

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Triatno Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F.2 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 34 kJ/mm dengan Kampuh *Single V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 2
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST										
Location	Vickers Hardness Number (HV. 10)									
	1			2			3			5
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			Base Metal
	162	153	160	184	179	190	192	185	183	
Average	158.3			184.3			186.7			

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction


Witnessed by,

Test Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Dicky Triana Manto
 NIP. 19820115 198103 1 001

F.3 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input 57 kJ/mm* dengan Kampuh *Single V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 3
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 38
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST												
												
Location	Vickers Hardness Number (HV, 10)											
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			H A Z		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	128	126	127	158	145	135	157	147	154			
Average	127.1			146.0			152.7					

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

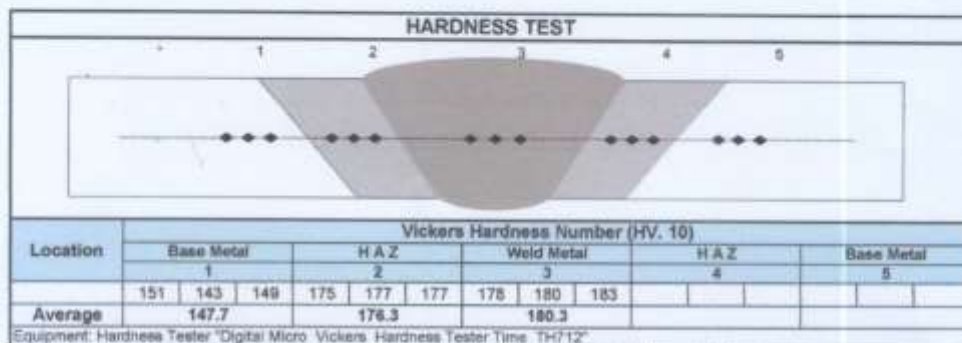
Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Tjatur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001



F.4 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 25 kJ/mm dengan Kampuh U

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 4
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad




NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Laboratory
 Ships Strength and Construction
 FTK ITS
 NIP. 19620110 198103 1 001

F.5 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 34 kJ/mm dengan Kampuh U

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 5
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST												
												
Location	Vickers Hardness Number (HV. 10)											
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			H A Z		
	1			2			3			4		
	159	189	165	177	163	180	180	163	182			
Average	164.3			173.3			181.7					

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction


Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Didik Triatun Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F.6 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 57 kJ/mm dengan Kampuh U

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 6
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST										
										
Vickers Hardness Number (HV. 10)										
Location	Base Metal			H A Z			Weld Metal			Base Metal
	1			2			3			5
	145	168	155	165	177	175	187	192	183	
Average	156.0			172.3			187.3			

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Tester Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Dikdik Trihar Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F.7 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 25 kJ/mm dengan *Double V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 7
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST													
Location	Vickers Hardness Number (HV, 10)												
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			H A Z		Base Metal	
	1			2			3			4		5	
	170	169	169	148	169	148	160	171	162				
Average	169.3			154.3			164.3						
Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"													

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

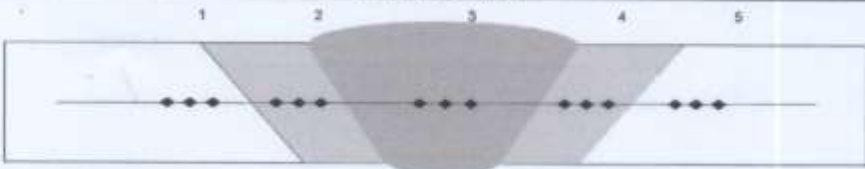
Witnessed by,

Laboratory
 Ships Strength and Construction

 Dika Nur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F.8 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input* 34 kJ/mm dengan *Double V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 8
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST												
												
Location	Vickers Hardness Number (HV, 10)											
	Base Metal			H.A.Z			Weld Metal			H.A.Z		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	133	146	144	154	136	152	201	187	189			
Average	141.0			147.3			192.3					

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,


 Director Laboratory
 Ships Strength and Construction
 Dikdik Nur Irianto
 NIP. 19620115 198103 1 001

F.9 Hasil Pengujian Kekerasan *Heat input 57 kJ/mm dengan Double V*

DATE : 21 Juni 2017
 ORDER FROM : Robby Nur Fridayan, Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS
 TEST STANDARD : ASME Sec. IX
 WPS NUMBER : 9
 JOINT DESIGN : Butt Welded
 MATERIAL SPEC. : ASTM A 36
 THICKNESS : 10 mm
 WELDING PROCESS : SMAW
 FILLER METAL : E7018
 WELDING POSITION : 1 G
 WELDER NAME : Rachmad

HARDNESS TEST												
Location	Vickers Hardness Number (HV, 10)											
	Base Metal			H A Z			Weld Metal			H A Z		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	128	134	133	137	137	150	152	149	148			
Average	131.7			141.3			149.7					

Equipment: Hardness Tester "Digital Micro Vickers Hardness Tester Time TH712"

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by,

Dicky Nurianto
 NIP. 19620415 198103 1 001

G. Hasil Foto Makro

G.1 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 34 kJ/mm dengan *Single V*



G.2 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 57 kJ/mm dengan *Single V*



G.3 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 25 kJ/mm dengan U



G.4 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 34 kJ/mm dengan U



G.5 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 57 kJ/mm dengan U



G.6 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 25 kJ/mm dengan *Double V*



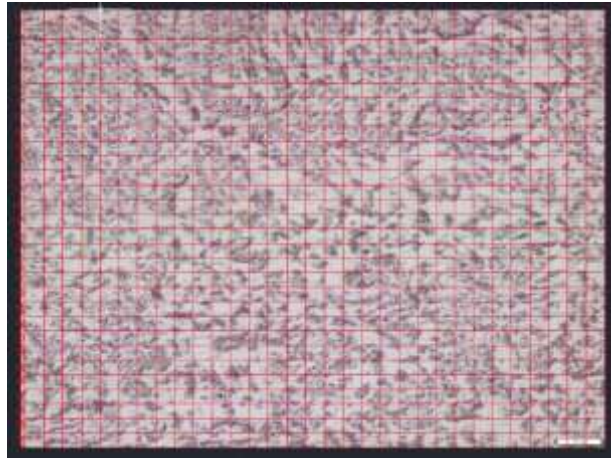
G.7 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 34 kJ/mm dengan *Double V*



G.8 Hasil Foto Makro pada spesimen dengan *Heat input* 57 kJ/mm dengan *Double V*



H. *Point Counting*



(Halaman ini sengaja diskongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Robby Nur Fridayan yang dilahirkan pada tanggal 21 Juli 1995. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan di SDN Petungasri 01-02 Pandaan, SMPN 1 Pandaan, SMAN 1 Pandaan. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan (FTK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Kelautan ITS dengan NRP 4313100040. Penulis aktif berorganisasi selama menempuh pendidikan di ITS. Pernah menjabat sebagai *staff* dari media, publikasi, dan dokumentasi *Society Petroleum Engineers* (SPE) serta *staff* dari media dan publikasi ITS *Badminton Community* (IBC), keduanya berada pada periode 2015/2016. Penulis menyelesaikan pendidikannya di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS dengan mengambil tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi *Heat Input* dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Mekanik dan Ketahanan Korosi *Weld Joint* Pelat Baja A 36 di lingkungan Laut” yang dibimbing oleh Herman Pratikno, S.T., M.T., PhD. dan Dr.Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc. Apabila ingin berdiskusi lebih lanjut perihal tugas akhir ini maka dapat menghubungi kontak dengan penulis: robbynfridayan@gmail.com.